



GİRESUN  
ÜNİVERSİTESİ



# FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BOĞACIK DERESİ (GİRESUN) SEDİMENT  
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

**Biyoloji Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi  
Ferhunde BAYRAKTAR  
182102010**

**2019**

**GİRESUN**

**T.C.  
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOĞACIK DERESİ (GİRESUN) SEDİMENT  
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ferhunde BAYRAKTAR**

**Enstitü Anabilim Dalı : Biyoloji**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cengiz MUTLU**

**Temmuz 2019**

T.C.  
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BOĞACIK DERESİ (GİRESUN) SEDİMENT  
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ferhunde BAYRAKTAR

Enstitü Anabilim Dalı

:

Biyoloji

Bu tez 03/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr.  
Bülent VEREP  
Jüri Başkanı



Doç. Dr.  
Cengiz MUTLU  
Üye



Doç. Dr.  
Tamer AKKAN  
Üye

Doç. Dr.  
Bahadır KOZ  
Enstitü Müdürü

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ferhunde BAYRAKTAR  
03/07/2019

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın tüm aőamalarında her türlü bilimsel desteği sağlayan danıőman hocam Doç. Dr. Cengiz MUTLU'ya, bilgi birikimleri ve değerli görüőleriyle katkı sağlayan değerli hocam Doç. Dr. Tamer AKKAN'a, yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tüm yaőamım boyunca maddi ve manevi yardımlarını eksik etmeyen, hep destekçim olan aileme teőekkürü ederim.

Bu çalışmada kullanılan verilerin bir kısmı Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Baőkanlıęı (Proje No: FEN-BAP-A-101016-137) tarafından maddi olarak desteklenen proje kapsamında elde edilmiştir, teőekkürü ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER .....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	IV
TABLolar DİZİNİ .....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÖZET.....	VII
SUMMARY .....	VIII
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1.Sediment: Oluşumu, Yapısal Özellikleri.....	4
1.2. Sediment Kirliliği: Önemli Kirleticiler ve Kaynakları.....	6
1.3. Sediment Kalite Değerlendirmeleri.....	9
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	11
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. Çalışma Alanı.....	17
3.2. Sediment Örneklerinin Toplanması .....	18
3.3. Sediment Örneklerinin Analiz Aşamaları .....	18
3.3.1. pH ve Elektriksel İletkenlik analizi.....	18
3.3.2. % Organik Madde miktarı analizi .....	19
3.3.3. % Su içeriği analizi .....	19
3.3.4. Element analizi.....	19
3.4. Sediment Kalite İndeksleri.....	20
BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	22
4.1. Sediment pH Sonuçları .....	22
4.2. Sediment % Su İçeriği Değerleri.....	23
4.3. Sediment % Organik Madde Miktarı .....	24
4.4. Sediment Elektriksel İletkenlik Değişimi .....	25
4.5. Sediment Numunelerinin Metal Derişimleri.....	26

4.6. İstatistiksel Analiz.....	28
4.7. Sediment Na İçeriği.....	30
4.8. Sediment K İçeriği .....	31
4.9. Sediment Kalite İndeksi Değerlendirmeleri.....	32
4.9.1. 1. İstasyon sonuçları.....	32
4.9.2. 2. İstasyon Sonuçları .....	34
4.9.3. 3. İstasyon Sonuçları .....	36
BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	38
KAYNAKLAR .....	45
ÖZGEÇMİŞ .....	53



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Manganez
Mo	: Molibden
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko
CF	: Kontaminasyon Faktörü
EC	: Elektriksel İletkenlik
EF	: Zenginleştirme Faktörü
I <sub>geo</sub>	: Jeokümülyasyon İndeksi
PLI	: Kirlilik Yük İndeksi



## TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. Sediment numunelerinin pH değerleri.....	22
Tablo 4.2. Sediment numunelerinin % su iğeriği değerleri.....	23
Tablo 4.3. Sediment numunelerinin % organik madde miktarı değerleri .....	24
Tablo 4.4. Sediment numunelerinin elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm).....	25
Tablo 4.5. İstasyonlara göre metal derişimleri (ppm) .....	27
Tablo 4.6. Parametrelerin korelasyon matrisi .....	29
Tablo 4.7. Sediment numunelerinin Na iğeriği (ppm) .....	30
Tablo 4.8. Sediment numunelerinin K derişimleri (ppm) .....	31
Tablo 4.9. 1. İstasyon I <sub>geo</sub> sonuçları.....	32
Tablo 4.10. 1. İstasyon EF sonuçları.....	33
Tablo 4.11. 2. İstasyon I <sub>geo</sub> sonuçları .....	34
Tablo 4.12. 2. İstasyon EF sonuçları.....	35
Tablo 4.13. 3. İstasyon I <sub>geo</sub> sonuçları .....	36
Tablo 4.14. 3. İstasyon EF sonuçları.....	37

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sediment kalitesi değerlendirme.....	10
Şekil 3.1. Çalışma alanı.....	17
Şekil 3.2. İstasyon fotoğrafları .....	18



# BOĞACIK DERESİ (GİRESUN) SEDİMENT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı Boğacık Deresi (Giresun) sediment kalitesinin belirlenmesidir. Bu amaç için Boğacık Deresi'nin üç farklı istasyonundan Mart 2017 ile Şubat 2018 tarihleri arasında aylık olarak sediment örnekleri toplanmıştır. Sedimentteki ağır metallerin seviyeleri (Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb) ICP-MS ile tespit edilmiştir. Ayrıca, pH, Elektriksel İletkenlik, Su İçeriği (%) ve Organik Madde Miktarı (%) gibi değişkenler de izlenmiştir. Metal içeriklerine göre Jeoakümülyasyon İndeksi ( $I_{geo}$ ) ve Zenginleştirme Faktörü (EF) değerleri hesaplanmış, istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak araştırılmıştır.

Yüzeysel sediment örneklerindeki metallerin konsantrasyon aralıkları ppm cinsinden; Al: 44,74-9317, Cr: 4,879-22689, Mn: 127-454, Fe: 7632-14469, Co: 2,574-7,639, Ni: 0,838-5,766, Cu: 4,900-29,248, Zn: 16,346-36,107, Cd: 0,063-0,488, Pb: 13,966-50,584, Na: 1,10-669,80 ve K: 3,50-335,10 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, pH, EC, Su İçeriği (%) ve Organik Madde Miktarı (%) değerlerinin sırasıyla 6-7,3, 140-1770 mS/cm, 22,15-62,13 ve 2,5-19,74 aralığında olduğu belirlenmiştir. Sediment numunelerinin Jeoakümülyasyon İndeksi ( $I_{geo}$ ) Sınıf 0 ila Sınıf 5 arasında, Zenginleştirme Faktörü (EF) değerleri ise 0,13 ile 7,13 arasında değişiklik göstermiştir.

Sonuç olarak; Boğacık Deresi yüzeysel sediment örneklerinin antropojenik kökenli zenginleşmeye maruz kaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, Karadeniz'e deşarj olan Boğacık Deresi'nin düzenli izleme programı ile kontrol altında tutulması önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Boğacık Deresi, Giresun, Ağır Metal, Kirlilik

## DETERMINATION OF SEDIMENT QUALITY IN BOĞACIK CREEK (GİRESUN)

### SUMMARY

The aim of this study was to determine the sediment quality of the Boğacık Creek, Giresun. For this purpose, the surface sediment samples from three different stations in the Boğacık Creek were collected monthly from March 2017 to February 2018. Heavy metals (Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb) levels in sediment were determined using ICP-MS. Moreover, the sediment samples were also monitored for pH, EC, Water Content (%) and Organic Matter (%) variables. Geoaccumulation Index ( $I_{geo}$ ) and Enrichment Factor (EF) values calculated according to metal contents and differences between stations were investigated statistically.

In surface sediment samples, according to analysis results were obtained for the concentration ranges of the metals (ppm): Al: 44,74-9317, Cr: 4,879-22689, Mn: 127-454, Fe: 7632-14469, Co: 2,574- 7,639, Ni: 0,838-5,766, Cu: 4,900-29,248, Zn: 16,346-36,107, Cd: 0,063-0,488 and Pb: 13,966-50,584 and pH, EC, Na, K, Water Content (%) and Organic Matter (%) values varied between 6-7,3, 140-1770 mS/cm, 1,10-669,80 ppm, 3,50-11,335,10 ppm, 22,15-62,13, 2,5-19,74, respectively. The Geoaccumulation Index ( $I_{geo}$ ) of Sediment samples varied between Class 0 and Class 5, while enrichment factor (EF) values varied between 0,13 and 7,13.

As a result of this study, it was determined that the surface sediment samples of Boğacık Creek were exposed to enrichment of anthropogenic origin. For this reason, it is recommended that the Boğacık Creek, which flows into the Black Sea, be kept under control with a regular monitoring program.

**Keywords:** Boğacık Creek, Giresun, Heavy Metal, Pollution

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Su, ekosistemdeki yaşam için son derece önemli bir doğal kaynaktır ancak, dünyamızın miktar olarak büyük bir kısmı su olarak görünse bile kullanılabilir olan su sadece %2,5' tur. Özellikle zamana bağlı olarak dünya nüfusu artmakla birlikte yeryüzündeki mevcut su kaynaklarında ise bir azalış söz konusudur (Cirik ve Cirik, 1991). Dolayısıyla, bir bütün olarak ele alındığında dünyamızdaki biyoçeşitliliğin korunması, gelecek nesillere aktarılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için su kaynaklarımız bir bütün olarak korunmalı ve mevcut risk analizleri ortaya çıkartılmalıdır. Su kaynakları sadece sahip olduğu sucul kütleden ibaret olmayıp aynı zamanda yatak görevi gören sediment yapısı ile de bir bütündür. Bu nedenle sucul ortamlarda gerçekleştirilen her çalışmada sediment te göz ardı edilmeyen önemli bir yapıdır.

Su, bilinen tüm yaşam formları için gerekli, vazgeçilmez olan, tatsız, kokusuz bir maddedir ve canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için hayati bir öneme sahiptir. Canlılık için gerekli tüm fiziksel olaylar hep suyun özellikleri ile gerçekleşmektedir ve adeta canlılar için yaşam sıvısı değerindedir. Dünyamızın büyük bölümü su kaynaklarıyla çevrili olsa da bu kaynakların sadece %3'ü içilebilir durumdadır. Çoğunluğu buz kütlelerinden oluşan içilebilir suların kullanabilir özellikte olanlarının oranı ise çok daha düşük; %0,007'dir. Günde 14000 insan direkt ya da dolaylı şekilde su kirliliğinin sebep olduğu hastalıklar sonucu yaşamını kaybetmektedir (Larry, 2006).

İnsanoğlunun, su ihtiyacı yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarından temin edilmektedir. Tatlısuların en önemli kaynağı yağışlardır. Küresel yıllık yağış miktarı 500000 m<sup>3</sup> olup, her yıl yeryüzüne inen yağış aynı miktardadır. Ülkemizde ise tatlısu kaynakları oldukça sınırlıdır ve ihtiyaca ancak cevap vermektedir. Türkiye'nin kullanılabilir su

potansiyeli 110 milyar m<sup>3</sup> olup, bunun %16'sı içme ve kullanmada, % 72'si tarımsal sulamada, % 12'si de sanayide kullanılmaktadır. Kişi başına düşen su kullanımı, toplumun gelişmişlik seviyesiyle doğru orantılıdır. Gelişmiş ülkelerde bu oran oldukça yüksek olmasına rağmen, gelişmekte olan ülkelerde ise bir hayli düşüktür.

Gelişen ülkelerde nüfus yoğunluğunun hızlanmasına paralel olarak şehirleşme ve endüstrileşme faaliyetlerinin artması sonucu; su tüketimi de artmış, aynı zamanda arıtma tesislerinin yetersizliği, kentsel ve endüstriyel atık suların direkt akarsulara veya akarsu havzalarına boşaltılması ve sulama sularıyla taşınan kirleticilerin akarsulara bulaşması sonucunda akarsular kirlenmiştir (Richards ve ark., 1997; Kırkağaç ve Köksal, 2004). Hâlbuki akarsular tarihin başından beri besin (tarımsal faaliyetler, balıkçılık), insani ihtiyaçlar (içme ve kullanma suyu olarak), ulaşım, enerji üretimi gibi hedefler doğrultusunda kullanılmaktadır. Akarsular, yeryüzündeki yüzeysel tatlısu kaynaklarının ve hidrolojik döngünün sürekliliğinin sağlandığı önemli ekosistemler olmakla beraber, içerdikleri enerji, madde ve biyoçeşitlilik açısından zengin kaynaklardır (Köse, 2012). Ancak ekosistem için zararlı maddelerin miktarı o ortam tarafından yok edilemeyecek düzeye ulaşırsa bu durum sistemdeki tüm canlıların için olumsuz yapıya dönüşmektedir (Tanyolaç, 2011).

Dünya nüfusunun hızlı artışı ve yaşam standartlarının yükselmesine bağlı olarak endüstri ve sanayi atıklarındaki kirliliğin göl ve nehir gibi alıcı ortamlara ulaşması ile içilebilir ve kullanılabilir su miktarında azalma ve su kalitesinde bozulma görülmektedir (Akın ve Akın, 2007). Sularda kirletici etki yapan birçok unsur bulunmaktadır. Bunlar; organik maddeler, gübre atıkları, deterjanlar, pestisitler, petrol ve türevleri, bakteri ve virüsler gibi hastalık yapıcı canlılar, tuzluluk ve canlılarda toksik etki yapan maddelerdir. Bu kirletici kaynakların en önemlilerinden birini de toksik etki yapan ağır metaller oluşturur (Wang ve ark., 2014). Endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerdeki yoğunlaşma ağır metal kirliliğinin artmasındaki en önemli etkenlerdendir. Bu durum sucul ortamlarda bulunan canlı organizmaların hayatını tehdit etmektedir.

Yeraltı suları, hidrolojik dönüşüm içinde tarımsal ve endüstriyel amaç gibi yararlı kullanımlar için gerekli olan tatlısuyun bulunduğu kaynaktır. Yine bu ihtiyaçların dışında ekosistem hizmetlerinin de sürdürülebilirliği açısından son derece hayati bir öneme sahiptir. Özellikle nüfus artışı, noktasal ve yayılı kirlenme, kontrolsüz su çekimleri, tarımsal sulama, arazi kullanımı ve iklim değişikliği gibi faktörler nedeniyle yeraltı suları üzerindeki baskılar hem miktar hem kalite açısından gün geçtikçe artmaktadır. Yeraltı suyunun bu etkilere karşı tepkisi yüzeysel sulara göre oldukça yavaştır (Klove ve ark., 2011). Gelecekte Akdeniz kıyı bölgesi gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde su taleplerinin karşılanabilmesi için yeraltı suyuna olan bağımlılığın daha da artacağı beklenmektedir. Diğer yandan, kirlenmiş kaynakların iyileştirilmesi oldukça pahalı ve genellikle uygulanabilir değildir (Thirumalaivasan ve ark., 2003).

Ekosistemdeki tüm canlılar için en önemli tehlikelerden biri çevresel kirliliktir. Çevresel kirlilik, insanların kentsel yaşama geçişiyle beraber oluşmaya başlamış ve sanayi devriminin gerçekleşmesine paralel olarak hızlanmıştır (Yarsan ve ark., 2000). Özellikle yaşadığımız yüzyılda, insanoğlu tarafından gerçekleştirilen endüstriyel, zirai ve sosyal faaliyetler çevresel kirlenmeye ve ekosistem dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu kirlenme şekline en çok suçlu ekosistemlerin etkilenmesi beraberinde içilebilir sulara sahip göl ve akarsuların azalmasına; sulak alanların zarar görmesine neden olmuştur (Kazancı ve Oğuzku, 2003).

Atmosfer kirliliğinin yanı sıra madencilik, yoğun trafik, tarımsal ve fabrika atıkları doğal alanlarda çevresel kirlenmeye neden olmaktadır (Öncel ve ark., 2000). İnsan faaliyetleri tarafından üretilen birçok kimyasal bileşikler çevreye karışır. Bunlar ilk olarak su ve topraktaki canlı organizmalarda birikir ve ciddi hasarlara neden olur (Galimberti ve ark., 2016). Çevresel sorunlar içindeki en önemli konulardan biri su kirliliğidir ve bu hem insanlar tarafından oluşturulan yapay ortamlarda hem de doğal olarak suçlu ortamlarda önemli problemlere neden olur (Türkmen, 2003). Endüstriyel, tarımsal ve evsel atık suların; çeşitli suçlu ortamlara boşaltılması ve bu suçlu ortamların doğal atık bölgeleri olarak görülmesinin yaygınlaşması nedeniyle;

sahil ve iç bölgelerdeki sucul ortamların kirliliği hızla artmaktadır (Taylan ve Özkoç, 2007). Sanayi atıkları, atmosferik birikimler, zehirli kimyasalların zaman zaman yanlışlıkla dökülmeleri su ortamında kirliliğinin ana kaynaklarından bazılarıdır (Okyere ve ark., 2015).

Kirleticilerin önemli bir bölümünü oluşturan ağır metaller; metalli bileşiklerin ve çeşitli minerallerin göl, nehir, körfez, okyanus gibi ortamlara ve bunların sedimentlerine geçmesiyle yayılım gösterir (Bryan ve Uysal, 1978). Bu elementlerin söz konusu olan bu yerlerde bulunmasının iki temel kaynağı vardır. Bunlardan birincisi, doğal olarak o yapının bir parçası olmaları; ikincisi ise, insan faaliyetleri sonucunda yoğun olarak üretilip bir şekilde buraya taşınmalarıdır (Chow ve ark., 1976).

Sucul ekosistemlerde yoğun bir şekilde bulunan metaller, birden fazla madde içeriğinde bulunması sebebiyle geniş çapta kirliliğe neden olmaktadır. Doğada kalma süresinin çok uzun olması ve besin zinciri yoluyla canlı vücuduna kolayca girmesi sonucunda vücutta yoğun şekilde birikip olumsuz etkilere neden olabilmektedirler (Özan, 2016).

Son yıllarda, sucul ekosistemler bazı zararlılar, kimyasallar, tarımsal olarak kullanılan sular ve insan faaliyetleri sonucunda gözle görülür bir şekilde kirlenmiş durumdadır. Çevre kirliliğine neden olan kirleticiler listesinde, düşük konsantrasyonlarda olsa bile yüksek toksik etkiye sahip olan ağır metaller, eser miktarlarda da olsa kalıcı olduğundan eşsiz bir konuma sahiptir (Özbolat ve Tuli, 2016).

### **1.1. Sediment: Oluşumu, Yapısal Özellikleri**

Akarsularda suyun hidrodinamik etkisi ile harekete başlayan, belli bir süre yatak tabanı üzerinde sürüklenerek, sıçrayarak (yatak yükü) veya su içerisinde yüzerek (asılı, süspanse) hareketine devam eden, suyun hızının azaldığı yerde belli bir zaman sonra çökelen katı maddelere sediment denir. Katı maddelerin çökmesi ile oluşan



ve çamur tabaka olarak nitelendirilen sediment; tuzlusu ve tatlısu kaynaklarında büyük önem taşımaktadır (Küçükgil, 1988). Esas kaynağı litosferdeki kayaç ayrışması olan sediment; su kütlelerin taşınması, buzulların erimesi, sıcaklık değişiklikleri, denizel olaylar ve termal genleşmeler gibi birçok olaydan köken alabilmektedir (Ergül, 2004). Sediment kayaçların mekanik ve kimyasal olarak ayrışması ile meydana gelen bütün katı parçacıkları, kimyasal ayrışma ile çözülmüş malzemeleri bulunduran eriyiklerden türeyen mineralleri ve canlıların kabuk yapabilmek için deniz suyundan aldığı mineralleri yapısında barındırır.

Günümüzde yaygın olarak akarsular tarafından meydana getirilen çözülmüş yükten oluşan sediment yapısı; yağmur olayları, karların erimesi, kayaların parçalanması, erozyon ve heyelan gibi taşınım olayları neticesinde meydana gelmektedir. İlaveten, rüzgâr hareketleri de sediment yapısına katkıda bulunmaktadır. Örneğin; taşınabilme kapasitesine sahip olan organik ve inorganik partiküller, volkanik partikülleri ve radyonüklidleri kaynaklandıkları noktalardan çok uzaklara taşınabilmekte ve deniz gibi farklı sediment yapılarında birikebilmektedir (Ergül, 2004). Yine bir diğer önemli kaynak olarak ifade edilen biyojenik girdi; kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat ve opal içeren organizma kalıntılarında oluşmaktadır. Özellikle, tatlısu ve tuzlusu kaynaklarının bentik ve pelajik bölgelerinde yayılış gösteren mikroorganizmalardan yüksek yapılı organizmalara kadar birçok çeşit canlı biyokütlesi sedimente biyojenik girdi sağlamaktadır (Ergül, 2004).

Sediment oluşumuna kaynak niteliğinde olan diğer önemli girdiler ise; buzul girdileri, volkanik girdiler, hidrojenik ve kozmik girdilerdir. Özellikle volkanik girdiler, okyanuslardaki aktif volkanların kül yığınları ve süngerimsi partiküller oluşturması ve bunların rüzgâr, akıntı ile birlikte taşınımı sonucunda sediment yapısı oluşmaktadır (Gönülalan, 2006).

Sedimentler sucul sistemde hayatını devam ettiren canlılar için barınma, üreme ve yaşamına devam edebilmek için beslenme faaliyetini gerçekleştirme alanlarıdır. Bu yüzden sucul sistemlerinin en önemli elemanlarından biridir. Sedimentlerin su kalitesi ile suda yaşayan canlılar üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak etkileri vardır. Dolayısıyla sediment kalitesi biyolojik çeşitliliğin ve su kalitesinin de önemli

belirleyicilerindedir (Gale ve ark., 2006; Köse, 2012). Yüzeysel sularda yapılan su kalitesi çalışmalarında, çalışma yapılan sucul ortamda bulunan sedimentlerin de göz önüne alınması ve su kalitesi analizleri ile sediment kalitesi analizlerinin de paralel olarak yapılması önem arz etmektedir. Sediment kalitesinin de su kalitesinin bir parçası olarak kabul edilmesi gereklidir.

Sediment yapısına en çok zarar veren en önemli yapay kaynakların başında antropojenik girdi gelmektedir. Bahsi geçen girdilerden en fazla dikkat çekenleri; ağır metal içeren ve büyük akarsular vasıtasıyla denizlere taşınan fabrika atıkları, kıyı kesimlere yakın yerleşim birimlerinden kaynaklanan kanalizasyon ve çöp gibi evsel atıklarıdır. Yine, yerleşkelerin yakın alanlarında gözlenen ötrofikasyon da, olumsuz etkilere verilebilecek örneklerden biridir (Ergül, 2004).

## **1.2. Sediment Kirliliği: Önemli Kirleticiler ve Kaynakları**

Sediment bünyesinde oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler sonucunda yapısında meydana gelen bozulma etkenleri kirletici adını alıp, meydana gelen olay da kirlenme olarak adlandırılabilir. Kirlenmenin boyutu niceliğinin yanı sıra nitelik bakımından da büyük önem arz etmektedir. Çok çeşitli sınıflandırmalar olmakla birlikte bazı sediment kirleticileri; metalli bileşikler (ağır metaller), tarım ilaçları (pestisitler), temizleyici özellikteki kimyevi maddeler (deterjanlar), poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) ve radyoaktif maddelerdir.

Tanım olarak irdelendiğinde ağır metal; atom ağırlıkları yüksek olan (çoğunlukla atom numarası 20'den büyük) ve periyodik sistemin geçiş elementleri grubundaki metalleri ifade etmektedir. Bir başka tanımı ise, fiziksel özellik bakımından yoğunluğu  $5 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha fazla olan elementler şeklindedir. Dolayısıyla, fiziki özelliklerinden dolayı ağır metaller sucul ortamlarda sedimentte çökelme eğilimindedir. Yine, ağır metaller sucul ekosistemlerde mikro boyutlu taneciklere tutunarak çökelmek suretiyle sedimentlerde birikim gösterebilmektedirler (Gale ve

ark., 2006; Köse, 2012). Bu grup içerisinde çinko, kadmiyum, alüminyum, kurşun, nikel, cıva gibi birçok elementi barındırmaktadır. Doğal döngüleri gereği ağır metal olarak adlandırılan elementler litosferde genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bulunabilir. Ağır metaller biyobirikim gösterdikleri için bilimsel çalışmaların odağında olmalarının yanı sıra, doğrudan halk sağlığı ile de ilişkili olmaları sürekli güncel araştırma konuları arasında kalmalarına neden olmaktadır. Nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve canlı bünyesine girdiğinde düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olarak bilinen bu metaller; biyokütleyle havadan, sudan ve özellikle de alınan besinlerden girebilir. Su ve sedimentte birikim göstererek canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyen başlıca ağır metallerin bazıları, kadmiyum, kurşun, kobalt, bakırdır.

Hızlı nüfus artışının en büyük sorunların biri beslenme ihtiyacının karşılanmasıdır. Bu ihtiyacı karşılayabilmek için geliştirilen yenilikler arasında yer alan sorunsuz yetiştiricilik faaliyetleri; ancak, kontrollü ortamlarda ya da kontrolün sağlanabildiği tarımsal alanlarda gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı besin kültürçülüğü faaliyetlerinde pest denilen ve doğal zararlılara karşı kullanılan kimyevi maddelerin gelişigüzel bir şekilde kullanımı engellenememektedir. Sucul ortamların bir nevi depo görevini üstlenen sediment bünyesinde toksik bileşiklerin depolanması hem sucul ortam hem de bir bütün olarak tüm ekosistem için büyük bir risk oluşturmaktadır. En önemli etkilerinin başında ise mutajenik ve kanserojenik etkiler gelmektedir (Boyacıoğlu, 2004).

Yine diğer bir önemli sediment kirletici olarak isimlendirilen deterjanlar içerdikleri fosfor nedeni ile sularda köpük oluşumunu da tetikleyerek oluşturdukları sorunlara ilaveten ötrofikasyon gibi ağır hasarları da tetikleyebilecek niteliktedirler. İlaveten, deterjanlar kimyasal içeriğine bağlı olarak alıcı su ortamlarında çeşitli düzeylerde kirliliğe neden olabilirler.

Poliaromatik Hidrokarbonlar (PAH) doğada hemen hemen her yerden orijin almakta olup, yüksek seviyede toksik ve kanserojen etkileri bulunan birçok türevi mevcuttur. Günümüzde hızla seyreden sanayi gelişmelerin bir sonucu olarak çevre kirleticilerin

başında gelen PAH'lar, diğer kirleticiler gibi sucul ortamlarda sedimentte birikim gösterebilmektedir (Alver ve ark., 2012). Hidrofobik yapıda olmaları sudaki çözünürlüğünü azaltırken, oksijensiz anoksik zonların oluşmasına da neden olmaktadır. Sediment gibi sucul kütlede de ciddi sorunlar oluşturan PAH'ların mutajenik, toksik ve kanserojenik etkileri mevcuttur (Nieva-Cano ve ark., 2001; Tsai ve ark., 2002; Liang ve ark., 2006; Wang ve ark., 2010).

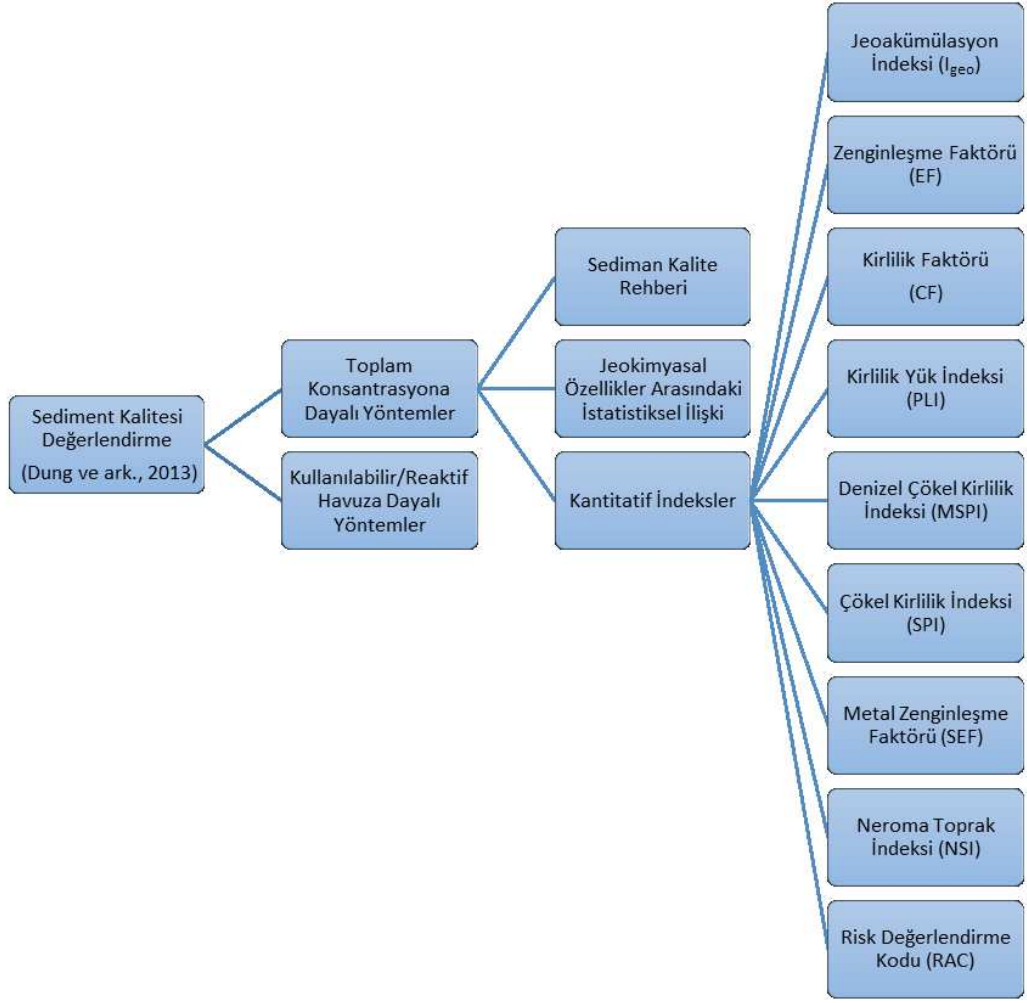
Radyoaktif maddeler insanlara zararlı etkiler gösterir ve bunları yalnızca radyasyon ya da enerji olarak değil, diğer faktörlerin etkisiyle de kendini gösterir. Radyoaktif maddeler doğal ve yapay kökenli olabilir. Canlılar üzerinde üreme yeteneğini kaybetme, gelişimde bozukluk, doku hasarı, davranış bozukluğu gibi olumsuz etkileri vardır. Radyoaktif maddelerin neden olduğu kirlenmeye nükleer kirlenme de denmekle beraber, bu kirlenme çeşidi pek sık görülmez. Bunun nedeni tüm dünya ülkelerinin radyoaktif maddeleri özel rezervlerde saklamalarıdır (Tanyolaç, 2011). Radyoaktif kirlenme, kaynakları ve etkileri açısından küresel bir özellik gösterir. Karasal ortamda kayalarda ve denizel ortamda sedimentlerde radyoaktif maddeler bulunur, ayrıca atmosferde de kozmik ışınların etkisi ile radyoaktivite oluşur. İnsanların ürettiği yapay radyoaktif maddeler de karada, havada ve denizde yıkıcı etki göstermektedir. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı üzere radyoaktif kirlenme yalnızca karada, suda ya da havada etkili olmayıp her üç mekânda birden etkisini gösterebilmektedir. Bu yüzden radyoaktif kirliliği tüm dünya ekosistemi düşünerek göz önünde bulundurmak gerekir. Radyoaktivitenin etkisi dünyadaki bütün yaşamın sona ermesine neden olmayabilir, ancak kronik ve kalıtsal etkiler beklenir. Özellikle kalıtsal etkileri nesilden nesile aktarılır. Radyasyonun canlılar üzerindeki etkisi radyasyonu oluşturan izotoplara bağlı olarak değişiklik gösterir. Bazı izotoplar biyokütlede zamanla birikerek besin zinciri yoluyla canlıdan canlıya geçer ve tehlike oluşturur (Kocataş, 2012).

Sebebi her ne olursa olsun, sucul ortamlardaki sediment yapısında meydana gelen bir kirlenme süregelen bir süreci temsil etmekte olup, ortamın kirletici unsurlar tarafından zaman zaman baskı altında kaldığını doğrudan ifade etmektedir. Bu nedenle bu araştırma, Giresun ili için son derece önem arz eden tatlısu

kaynaklarından biri olan ve Karadeniz'e deşarj olan Boğacık Deresi sediment yapısının; etrafında lokalize olmuş sanayi tesislerinin olası etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için analiz edilen sediment numunelerinde antropojenik etkilerinin tespiti amacıyla sediment kalite indeksleri kullanılmıştır.

### **1.3. Sediment Kalite Değerlendirmeleri**

Bir bölgedeki tarım, sanayi gibi antropojenik faaliyetlerin etkilerini göz önüne alarak, toprak ve çökellerdeki ağır metal kirlilik boyutunun değerlendirmesinde farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Sediment kalite indekslerinin kullanımı kirli alanlardaki kirlilik kaynaklarının tespitine yönelik araştırmalarda yönlendirmeyi sağlamak amacıyla kullanılabilir (Caeiro ve ark., 2005). Dung ve ark., (2013)'e göre, toplam konsantrasyonlar üzerinden yapılan değerlendirme yöntemlerinin yanı sıra, bir elementin reaktif olup olmamasına dayanan yöntemler de mevcuttur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Sediment Kalitesi Değerlendirme

## BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Soares ve ark. (1999), Portekiz' de bulunan Ave Nehri havzası sedimentindeki ağır metal konsantrasyonlarını (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) kirlenme faktörü (CF) ve istatistiksel veri analiz yöntemleri ile değerlendirmişlerdir.

Lia ve ark. (2000), Güney Çin Denizi'nde Pearl River Haliç Bölgesi'nde yapılan çalışmada sediment profillerinde ağır metal (Fe, Ni, Co, Pb, Zn ve Cu) dağılımı, partikül büyüklüğü ve ana element konsantrasyonlarını belirlemiş ayrıca element ilişkilerini ve ağır metal kökenlerini değerlendirmek amacıyla sedimentteki element konsantrasyonlarının tüm veri seti için korelasyon (Pearson) ve temel bileşen analizini (PCA) yapmışlardır.

Karadede ve Ünlü (2000), Atatürk Baraj Gölü sediment numunelerinde yaptıkları çalışmada, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn seviyeleri belirlenmiş ve Cd, Co, Hg, Mo, Pb'un analiz limitinin altında olduğu tespit etmiş ayrıca göldeki sedimentte en fazla birikim gösteren metali ise Fe olarak kayıt etmişlerdir.

Kırby ve ark. (2001), Avustralya'nın Macquarie Gölü'nde yaptıkları çalışmada sedimentte ve kefalın (*Mugil cephalus*) kas dokusunda Se, Cd, Cu ve Zn konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir.

Akçay ve ark. (2003), Büyük Menderes ve Gediz Nehri sedimentlerinde ağır metal kirliliğini farklı fazlara sahip katyonik ve anyonik Mn ve Cr türleri, liç, ekstraksiyon ve iyon değişimi spesifikasyon işlemleri kullanılarak belirlemişlerdir.

Lukin ve ark. (2003), Kuetsjarvi göl yüzey ve zemin sediment örneklerinde Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Pb, Hg, Fe ve Mn konsantrasyonlarını belirlemişler ayrıca her metal için kirlilik faktörünü (CF) hesaplamışlardır. Yüzey sediment tabakasındaki buldukları konsantrasyonlar Ni için 1556- 3073 µg/g, Cu için 465-1499 µg/g, Co için 81-165 µg/g, Zn için 162-309 µg/g, Cd için 0,33-0,42 µg/g aralığında rapor edilmiştir. Araştırmacılar sonuç olarak göl sedimentinin ağır metal derişiminin zaman içerisinde arttığını belirtmişlerdir.

Landajo ve ark. (2004), Bilbao Nehri (İspanya)'ndeki çalışmalarında sedimentte As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn düzeylerini araştırmışlar ve sonuç olarak; en yüksek konsantrasyonların yaz aylarında, en düşük konsantrasyonların ise kış aylarında olduğunu tespit etmişlerdir.

Kır ve ark. (2007), Isparta'da yer alan Kovada Gölü'nün sediment yapısındaki Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, Al ve Ni gibi ağır metalleri tespit etmişlerdir.

Erdoğrul ve Erbilir (2007), yaptıkları araştırmalarda sediment içerisinde biriken ağır metallerin derişiminin, dipteki sediment parçacıklarının oranına, parçacıkların ebatına ve sedimentte organik maddenin olup olmadığına göre değişkenlik gösterdiğini ve sedimentin, ağır metalleri içerisinde biriktirmesi açısından önemli bir yapı olduğu sonucuna varmışlardır.

Dural ve Göksu (2007), Akyatan Lagünü'nde bulunan ağır metallerin yıllık derişimlerinin büyüklük sıralamasının Fe>Pb>Zn>Cu>Cd şeklinde olduğunu gözlemlemişlerdir.

Abraham ve ark. (2008), Tamaki Haliç (Yeni Zelanda) deniz sedimentlerinde ağır metal (Cu, Pb, Zn ve Cd) değerlerinin ve kirlilik derecelerinin belirlenmesi için zenginleştirme faktörü (EF), jeoakümülyasyon indeksi ( $I_{geo}$ ) ve kontaminasyon derecesini kullanmışlardır.



Özden (2008), Porsuk Barajı sedimentinin ağır metal düzeylerini büyüklük sıralamasına göre  $Fe > Zn > Mn > Ni > Pb > Cr > Cu > Cd > Se > Ag$  şeklinde ifade ederken, Enne Barajı sedimentindeki ağır metal seviyelerini  $Fe > Mn > Zn > Ni > Pb > Cr > Cu > Cd > Se$  olarak belirlemiştir.

Suthar ve ark. (2009), Hindistan'ın Hidon Nehri'nde yaptıkları çalışmada, sediment ve sudaki ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn ve Pb) seviyelerini belirlemiştir. Araştırmacılar jeoakümülyasyon indeksi değerlerini Mn, Pb ve Zn için  $I_{geo} < 1$  "temiz", Cu, Cr, Fe için  $I_{geo} < 2$  "orta kirlilikte" ve Cd için  $I_{geo} > 5$  "oldukça yüksek kirlili" şeklinde tespit etmişlerdir.

Tumantozlu (2010), Karacaören II Baraj Gölünde yapmış olduğu çalışmada Cu, Cd ve Hg haricindeki Fe, Zn, Mn, Al, Sr, Cr, Pb, metallerinin sedimentteki birikimini incelemiş, sedimentte en fazla birikim gösteren metali Fe olarak belirlemiştir.

Yılıgör (2012), Muğla'nın Milas İlçesi sınırları içinde yer alan Bafa Gölü'nden topladığı sediment örneklerinde metal kirliliğini araştırmış ve zenginleşme faktörü (EF)'ne göre Hg açısından ortamın kirlili olduğu sonucuna varmıştır.

Özbay ve ark. (2013), Mersin ilinin önemli akarsularından birisi olan Berdan Çayı'nın mevsimsel olarak toplanan sediment örneklerinde (Cd), (Cr), (Mn), (Ni), (Zn), (Cu), (Pb), (Fe) ve (Al) gibi ağır metallerin birikim düzeylerini araştırmışlardır.

Kırmızıgül (2013), Gökçekaya Gölü'nden toplanan sediment numunelerinin 12 ay boyunca gözlemlendiği çalışmada, izlenen göl sedimentinde ortalama yıllık derişimlere göre metal içerikleri  $Zn > Cr > Ni > Cu > Pb > Co > As > Cd$  olarak değişiklik gösterdiğini ve en fazla metal derişimine ait ağır metalin çinko olduğunu belirtmiştir.

Kalender ve Uçar (2013), Türkiye'de Fırat Nehri kollarındaki Geli Çayı yatağı boyunca akarsu sedimentlerinde As, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Cd, Sb, Cr, Ti ve Al metallerinin kirlilik derecelerinin kökenlerini belirlemek için kirlilik faktörü (CF),

kirlilik yük endeksi (PLI), zenginleşme faktörü (EF) ve jeoakümülyasyon indeksi ( $I_{geo}$ ) gibi sediment kalite indekslerini kullanmışlardır.

Naji ve ark. (2014), Malezya'da bulunan Klang Nehri'nin 21 farklı lokasyonundan toplanan sedimentlerinin ağır metal kontaminasyonu, pH, toplam organik karbon ve tane boyutu ile sedimentteki kontaminasyonun düzeyini tespit etmek amacıyla zenginleşme faktörü (EF) ve jeoakümülyasyon indeksini ( $I_{geo}$ ) kullanmışlardır.

Uncumusaoğlu ve ark. (2016), Giresun'un Espiye ilçesinden Karadeniz'e deşarj olan Yağlıdere Çayı sedimentinde antropojenik menşeli metal zenginleşmesinin başladığını tespit etmişlerdir.

Kükrer (2016), Erzurum Tortum Gölü yüzey sedimentlerindeki ağır metalleri (Cd, As, Pb, Hg, Mn, Fe, Ni, Zn, Cr, Al, Cu) zenginleşme faktörü (EF), kontaminasyon faktörü (CF), kirlilik yük indeksi (PLI), potansiyel ekolojik risk indeksi (PERI) ve ortalama muhtemel etki konsantrasyonu oranını (mPEC-Q) indeksi kullanılarak değerlendirmişlerdir.

Tunca (2016), Konya'da bulunan Beyşehir Gölü'nde yapılan çalışmada sedimentteki metal kirliliğinin değerlendirilmesi amacıyla kontaminasyon derecesi (Cd), zenginleştirme faktörü (EF), jeoakümülyasyon indeksi ( $I_{geo}$ ) gibi jeokimyasal yöntemler ile sedimentteki mevcut kirlilik durumu hakkında bilgi edinilmeye çalışılmış ve Potansiyel ekolojik risk faktörü (Eri) gibi yöntemleri kullanmışlardır.

Ozseker ve ark. (2016), Güneydoğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Solaklı Havzası'nda yaptıkları çalışmada doğal ve antropojenik ağır metal kirliliği mekânsal ve geçici olarak Sediment Zenginleştirme Faktörü (SEF), Kirlilik Yükü İndeksi (PLI) ve Jeoakümülyasyon İndeksi ( $I_{geo}$ ) ile tespit etmeye çalışmışlardır.

Tokatlı ve ark. (2017), Eskişehir'de yer alan ve Sakarya Nehri'nin en önemli kollarından olan Seydisuyu Çayı'nda ağır metallerin çevresel riskleri değerlendirmek

için elde edilen verileri kullanarak, Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERİ) ve Biyolojik Risk İndeksi (BRİ) hesaplamışlardır.

Abay (2017), Dicle Nehri'nin belirli istasyonlarının sedimentindeki kirlilik seviyesini belirlemek için bazı ağır metallerin mevsimsel farklılıklar gösterdiği çalışmada sedimentteki ağır metal konsantrasyonu üç istasyonda sırası ile Zn> Ni> Cu> Co> Pb olarak belirlemiş ve metallerin ortalama değerleri sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde daha yüksek seviyede kirlilik gösterdiğini tespit etmiştir.

Eraslan-Akkan (2017), Giresun ilinin Tirebolu ilçesinde sediment kirliliğinin kalite indeksleri ile tespit edildiği çalışmada; Harşit Çayı'nın 7 farklı istasyonundan toplamış olduğu sediment örneklerinde insan kaynaklı metal zenginleşmesinin başladığını rapor etmiştir.

Saravanana ve ark. (2018), Hindistan'ın güney doğusundaki sahil şeridinde bulunan Pulicat Gölü'nde sediment kirliliğini ve potansiyel ekolojik risk durumunu araştırmak için, Sediment Kirliliği İndeksi (SPI), Potansiyel Ekolojik Risk Endeksi (PERİ)'ni hesaplamışlardır.

Jafarabadi ve ark. (2018), İran'daki Basra Körfezi mercan resifi adaları sedimentlerinde potansiyel toksik inorganik elementlerin (Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Co, Cr, Ni, V, As, Hg, Pb ve Cd) jeokimyasal fraksiyonasyon dağılımı, biyoyararlanım ve risk değerlendirmesi amacıyla Zenginleştirme Faktörü (EF), Kirlilik Yük Endeksi (PLI), Kirlilik İndeksi (PI), Sediment Kirlilik İndeksi (SPI) ve Ekolojik Risk değerlendirmesini kullanılarak değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Gopala ve ark. (2018), Güney Hindistan'da bulunan Uppanar Nehri sedimentinde ağır metallerin (Cr, Cu, Pb, Co, Ni, Zn, Fe ve Mn) Jeokümülyasyon indeksi ( $I_{geo}$ ), Zenginleştirme Faktörü (EF), Kontaminasyon Faktörü (CF), Kirlilik Yük Endeksi (PLI), Potansiyel Ekolojik Risk Endeksi (PERİ) değerlendirmesi ve Sediment Kirlilik Endeksi (SPI) gibi çeşitli kalite endeksleri kullanarak mevcut durumu hakkında bilgi edinmeye çalışmışlardır.

Hossain ve ark. (2019), Bangladeş’de bulunan Sangu Nehri Haliç'inin 12 seçilmiş noktasından tortu örnekleri toplanmış As, Cr, Cu, Cd, Pb, Ni ve Zn elementlerinin mevcut durumların hakkında bilgi edinmek için Coğrafi Birikim Endeksi ( $I_{geo}$ ), Kontaminasyon Faktörü (CF), Kirlilik Yük Endeksi (PLI) gibi çeşitli indekslerle değerlendirmede bulunmuşlardır.

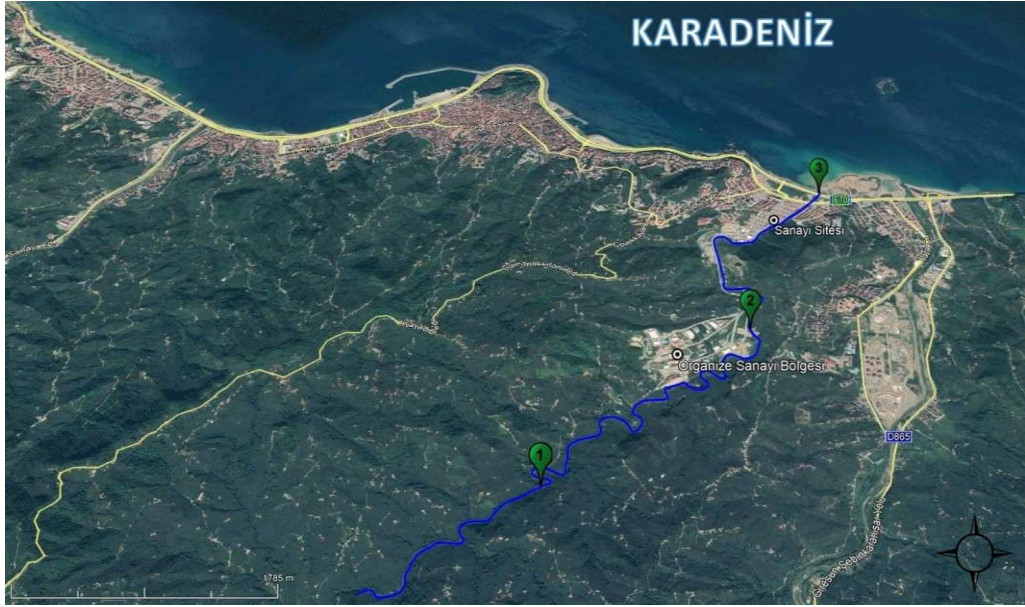
Sun ve ark. (2019), Çin’de bulunan Songhua Nehri sedimanlarındaki ağır metallerin (Cu, Zn, Pb, Ni ve Cr) mevcut durumunun değerlendirilmesi amacıyla potansiyel ekolojik risk endeksi, jeoakümülyasyon endeksi, coğrafi birikim endeksi (GI) risk ve değerlendirme kodu (RAC)'nu kullanmışlardır.

Ibanga ve ark. (2019), Nijerya Woji Deresi ve Bonny Haliç'i sedimentinde Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb gibi elementlerin derişimlerini tespit ederek Sediment Kirlilik Yük Endeksi (PLI)'ni hesaplamışlardır.

## BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Çalışma Alanı

Merkezi Giresun'un ilinin Kemaliye Köyü olan Boğacık Deresi il merkezinin doğusundan Karadeniz'e deşarj olur. Boğacık Deresi, Aksu Deresi havzası ile ilişkili olup, evsel atıkların yanı sıra yoğun bir şekilde sanayi atıklarına da maruz kalmaktadır. Sıcak mevsim aylarında hemen hemen su seviyesi kuruma noktasına gelen derenin, deşarj noktasının Karadeniz ile bağlantısı da kopmaktadır. Şehir merkezine uzaklığı 6 km'dir. Kaynak noktasının yaklaşık olarak 700 m rakımı bulunmaktadır. En önemli iki kolu Hacımusa ve Çandır dereleridir. Boğacak ve Doğacak yöre halkı tarafından bilinen diğer isimleridir (Memiş, 2019).



Şekil 3.1. Çalışma alanı

### 3.2. Sediment Örneklerinin Toplanması

Bu çalışmada deneysel aşamalarda materyal olarak yüzeysel sediment örnekleri kullanılmıştır. Organize Sanayi Bölgesi öncesi, Organize Sanayi Bölgesi ve Sanayi Sitesi'ni kapsayan her istasyonun 3 noktasını temsil edecek şekilde, TS 9547 ISO 5667-12'nolu standart yöntemle göre Ekman tipi kapan örnekleyici ile toplanan sediment örnekleri soğuk zincir altında laboratuvara korunarak getirilmiştir.



Şekil 3.2. İstasyon fotoğrafları

### 3.3. Sediment Örneklerinin Analiz Aşamaları

#### 3.3.1. pH ve Elektriksel İletkenlik analizi

Sediment numunelerinin pH analizi için, yaş şekilde tartılmış olan örnekler 1:2,5 oranı ile saf suyla muamele edilmiş, iyice karıştırılmış ve örneklerin çökmesinden sonra üstte kalan sıvı kısmının pH ve elektriksel iletkenlik seviyeleri ölçülmüştür (Anonim, 1995).

### **3.3.2. % Organik Madde miktarı analizi**

Sediment örneklerinin % organik madde miktarını belirlemek amacı ile 60 °C'de kurutularak 2 gr toz haline getirilen sediment numuneleri, sabit tartıma getirilen porselen krozelere koyulmuş ve 550 °C'ye ayarlanan kül fırınında 2 saat bekletilmiştir. Desikatörde oda sıcaklığına getirilmiş olan numunelerin tekrar tartılarak Egemen (2000)'de belirtilen denkleme göre % organik madde miktarı hesaplanmıştır (Egemen, 2000).

### **3.3.3. % Su içeriği analizi**

% su içeriğini belirleyebilmek amacıyla sabit ağırlıktaki örnekler numune kabına koyulmuş ve 105 °C'de kurutularak ardından desikatörde soğutulmuştur. Ağırlık farklarından faydalanılıp su miktarı yüzdesi tespit edilmiştir (Anonim, 1995).

### **3.3.4. Element analizi**

Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb gibi ağır metallerin analizi için, istasyonların dip kısımlarından 0-10 cm'lik tabakadan alınan yüzeysel sediment örnekleri 0,5 µm'lik elek kullanılarak elenmiştir. Elenen örnekler 102-105 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kuruyan örneklerden 1 gr alınarak üzerlerine 3 mL HCl ve 1 mL HNO<sub>3</sub> eklenerek 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra örnekler Mikrodalga fırında yakma işlemine tabii tutulmuştur. Hazır hale getirilen örnekler 50 mL'ye deiyonize su ile seyreltilmiş ve filtre kâğıtlarından süzülerek okunmaya hazır hale getirilmiştir (Anonim, 1984; Dural ve Göksu, 2006). Metal ölçümü ICP-MS (Bruker 820-MS) cihazı ile ppb hassasiyetinde gerçekleştirilmiştir. Na ve K analizi için alev fotometresinde standart metot basamaklarından yararlanılmıştır.

### 3.4. Sediment Kalite İndeksleri

Aylık olarak 3 farklı istasyondan bir yıl boyunca toplanan yüzeysel sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonları kullanılarak; Metal Zenginleştirme Faktörü (EF) ve Jeokümülyasyon İndeksi ( $I_{geo}$ ) aşağıdaki formülleri göre hesaplanmış ve skalalara göre değerlendirme yapılarak metal zenginleşmesinin doğal veya antropojenik kaynaklı olup/olmadığı belirlenmiştir.

$$EF_{\text{metal}} = \frac{(M_x/F_{ex})_{\text{örnek}}}{(M_c/F_{ec})_{\text{yer kabuğu}}}$$

Elde edilen değer aşağıdaki skalaya göre değerlendirilir.

EF<1	Zenginleşme yok
EF<3	Düşük düzeyde zenginleşme
EF=3-5	Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme
EF=5-10	Değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme
EF=10-25	Yüksek düzeyde zenginleşme
EF=25-50	Çok yüksek düzeyde zenginleşme
EF>50	Aşırı yüksek düzeyde zenginleşme

Jeokümülyasyon İndeksi, sedimentteki metal kontaminasyonunu ifade eden diğer bir indeks olup kirlenmenin boyutunu aşağıdaki denklem kullanılarak 7 sınıfta ele alır (Müller, 1979):

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{B_n}$$



Sonuçlara göre kirlenme sınıflarının ifadesi;

$I_{geo} < 0$	Sınıf 0	Kirlenmemiş
$0 < I_{geo} < 1$	Sınıf 1	Kirlenmemiş-Orta Derecede Kirli
$1 < I_{geo} < 2$	Sınıf 2	Orta Derecede Kirli
$2 < I_{geo} < 3$	Sınıf 3	Orta-Kuvvetli Derecede Kirli
$3 < I_{geo} < 4$	Sınıf 4	Aşırı Derecede Kirli
$4 < I_{geo} < 5$	Sınıf 5	Aşırı-Çok Aşırı Derecede Kirli
$I_{geo} > 5$	Sınıf 6	Çok Aşırı Derecede Kirli

şeklindedir (Vertacnik ve ark., 1995; Wardas ve ark., 1996; Marvin, 2004).

### 3.6. İstatistiksel Hesaplamalar

Mevsimler arasındaki farklılıklarda; çalışma süresince elde edilen verilerin normallik dağılımları Shapiro-Wilk Testi ile test edilmiş olup normal dağılım gösterenlere sırasıyla Tek Yönlü ANOVA, Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi, normal dağılım göstermeyenlere ise Kruskal-Wallis Testi uygulanmıştır.

## BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Sediment pH Sonuçları

Boğacık Deresi sedimentinde pH değişimi 6,0 ile 7,3 aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 6,92 ( $\pm 0,121$ ), sonbaharda 6,70 ( $\pm 0,067$ ), kış mevsiminde 6,64 ( $\pm 0,102$ ) ve ilkbaharda 6,76 ( $\pm 0,125$ ) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki pH değeri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Sediment numunelerinin pH değerleri

		İSTASYON			
		1	2	3	Ortalama
<b>Yaz</b>		7,23	6,83	6,70	6,92
		0,033	0,240	0,200	0,121
		7,20	6,50	6,50	6,50
		7,30	7,30	7,10	7,30
<b>Sonbahar</b>	Ortalama Değer Std. Hata ( $\pm$ )	6,63	6,63	6,83	6,70
		0,088	0,033	0,176	0,067
		6,50	6,60	6,50	6,50
		6,80	6,70	7,10	7,10
<b>Kış</b>	En Küçük Değer En Yüksek Değer	6,47	6,57	6,90	6,64
		0,240	0,033	0,115	0,102
		6,00	6,50	6,70	6,00
		6,80	6,60	7,10	7,10
<b>İlkbahar</b>		6,77	6,90	6,60	6,76
		0,176	0,300	0,208	0,125
		6,50	6,30	6,20	6,20
		7,10	7,20	6,90	7,20

## 4.2. Sediment % Su İçeriği Değerleri

Boğacık Deresi sedimentinin % su içeriği değerleri 22,15 ile 62,13 aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde %42,88 ( $\pm 3,065$ ), sonbaharda %44,64 ( $\pm 2,773$ ), kış mevsiminde %34,80 ( $\pm 2,986$ ) ve ilkbaharda %37,89 ( $\pm 3,895$ ) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki % su içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Sediment numunelerinin % su içeriği değerleri

		İSTASYON			
		1	2	3	Ortalama
<b>Yaz</b>		40,20	48,28	40,18	42,88
		2,476	8,014	4,533	3,065
		37,21	37,15	32,87	32,87
		45,11	63,83	48,48	63,83
<b>Sonbahar</b>		49,72	40,82	43,37	44,64
		1,534	5,068	6,579	2,773
	Ortalama Değer	46,65	34,53	34,65	34,53
	Std. Hata ( $\pm$ )	51,33	50,85	56,26	56,26
<b>Kış</b>	En Küçük Değer	32,44	42,45	29,52	34,80
	En Yüksek Değer	2,176	6,829	3,106	2,986
		28,22	29,37	23,42	23,42
		35,47	52,39	33,59	52,39
<b>İlkbahar</b>		34,45	33,32	45,91	37,89
		6,340	3,683	8,934	3,895
		22,15	28,25	31,31	22,15
		43,26	40,48	62,13	62,13

### 4.3. Sediment % Organik Madde Miktarı

Boğacık Deresi sedimentinde % organik madde değeri 2,5 ile 19,74 aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde %10,22 ( $\pm 1,509$ ), sonbaharda %10,77 ( $\pm 0,782$ ), kış mevsiminde %7,04 ( $\pm 0,775$ ) ve ilkbaharda %8,45 ( $\pm 1,284$ ) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki % organik madde miktarı değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Sediment numunelerinin % organik madde miktarı değerleri

		İSTASYON			
		1	2	3	Ortalama
<b>Yaz</b>		14,13	8,15	8,37	10,22
		2,940	2,051	1,725	1,509
		9,80	5,60	5,95	5,60
		19,74	12,21	11,71	19,74
<b>Sonbahar</b>		11,35	8,91	12,04	10,77
		1,678	1,172	0,664	0,782
	Ortalama Değer	8,00	6,64	10,91	6,64
	Std. Hata ( $\pm$ )	13,14	10,55	13,21	13,21
<b>Kış</b>	En Küçük Değer	7,28	8,22	5,61	7,04
	En Yüksek Değer	0,206	1,154	2,020	0,775
		6,87	6,81	2,50	2,50
		7,52	10,51	9,40	10,51
<b>İlkbahar</b>		7,63	6,77	10,95	8,45
		1,547	0,641	3,479	1,284
		4,55	5,85	4,90	4,55
		9,40	8,00	16,95	16,95

#### 4.4. Sediment Elektriksel İletkenlik Değişimi

Boğacık Deresi sedimentinde elektriksel iletkenlik değerleri değişimi 140 ile 1770 mS/cm aralığında seyredip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 523,33 ( $\pm 198,018$ ) mS/cm, sonbaharda 442,22 ( $\pm 137,182$ ) mS/cm, kış mevsiminde 262,22 ( $\pm 38,216$ ) mS/cm ve ilkbaharda 488,89 ( $\pm 204,949$ ) mS/cm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki elektriksel iletkenlik değişimi değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Sediment numunelerinin elektriksel iletkenlik değerleri (mS/cm)

		İSTASYON			
		1	2	3	Ortalama
<b>Yaz</b>		210,00	253,33	1106,67	523,33
		47,258	60,093	457,177	198,018
		140,00	170,00	230,00	140,00
		300,00	370,00	1770,00	1170,00
<b>Sonbahar</b>		283,33	270,00	773,33	442,22
		55,478	30,551	373,556	137,182
	Ortalama Değer	180,00	230,00	210,00	180,00
	Std. Hata ( $\pm$ )	370,00	330,00	1480,00	1480,00
<b>Kış</b>	En Küçük Değer	190,00	310,00	286,67	262,22
	En Yüksek Değer	26,458	97,125	57,831	38,216
		140,00	180,00	210,00	140,00
		230,00	500,00	400,00	500,00
<b>İlkbahar</b>		160,00	206,67	1100,0	488,89
		15,275	27,285	471,628	204,949
		140,00	170,00	190,00	140,00
		190,00	260,00	1770,00	1170,00

#### 4.5. Sediment Numunelerinin Metal Derişimleri

Boğacık Deresi'nin 3 farklı noktasından 12 ay boyunca toplanan sediment numunelerinin metal derişimleri Tablo 4.5'de gösterilmektedir.

Boğacık Deresi sediment örneklerinin ağır metal derişimleri ppm düzeyinde: Al bakımından; 1. istasyonda ortalama 6251 ( $\pm 376$ ), 2. istasyonda ortalama 6827 ( $\pm 392$ ), 3. istasyonda ortalama 8183 ( $\pm 317$ ), Cr bakımından; 1. istasyonda ortalama 11,718 ( $\pm 1,232$ ), 2. istasyonda ortalama 10,060 ( $\pm 1,285$ ), 3. istasyonda ortalama 10,781 ( $\pm 1,426$ ), Mn bakımından; 1. istasyonda ortalama (313  $\pm 17$ ), 2. istasyonda ortalama 316 ( $\pm 14$ ), 3. istasyonda ortalama 295 ( $\pm 27$ ), Fe bakımından; 1. istasyonda ortalama 10717 ( $\pm 576$ ), 2. istasyonda ortalama 10088 ( $\pm 283$ ), 3. istasyonda ortalama 10158 ( $\pm 282$ ), Co bakımından 1. istasyonda ortalama 3,716 ( $\pm 0,216$ ), 2. istasyonda ortalama 3,938 ( $\pm 0,181$ ), 3. istasyonda ortalama 5,455 ( $\pm 0,282$ ), Ni bakımından; 1. istasyonda ortalama 2,512 ( $\pm 0,365$ ), 2. istasyonda ortalama 3,469 ( $\pm 0,309$ ), 3. istasyonda ortalama 3,428 ( $\pm 0,255$ ), Cu bakımından; 1. istasyonda ortalama 11,257 ( $\pm 2,133$ ), 2. istasyonda ortalama 7,442 ( $\pm 0,322$ ), 3. istasyonda ortalama 9,221 ( $\pm 0,353$ ), Zn bakımından; 1. istasyonda ortalama 22,990 ( $\pm 1,343$ ), 2. istasyonda ortalama 21,167 ( $\pm 0,663$ ), 3. istasyonda ortalama 24,302 ( $\pm 1,438$ ), Cd bakımından; 1. istasyonda ortalama 0,246 ( $\pm 0,025$ ), 2. istasyonda ortalama 0,180 ( $\pm 0,021$ ), 3. istasyonda ortalama 0,251 ( $\pm 0,027$ ), Pb bakımından; 1. istasyonda ortalama 20,687 ( $\pm 2,781$ ), 2. istasyonda ortalama 18,195 ( $\pm 0,597$ ), 3. istasyonda ortalama 27,287 ( $\pm 1,637$ ) olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. İstasyonlara göre metal derişimleri (ppm)

İstasyon	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
1	6251 <sup>a</sup>	11,718	313	10717	3,716 <sup>a</sup>	2,512	11,257 <sup>a</sup>	22,990	0,246	20,687
	376	1,232	17	576	0,219	0,365	2,133	1,343	0,025	2,781
	4474	6,161	236	7632	2,574	0,838	4,900	16,346	0,150	14,944
	9030	20,241	403	14469	5,706	5,595	29,248	33,381	0,445	50,584
6827 <sup>a</sup>	10,060	316	10088	3,938 <sup>a</sup>	3,469	7,442 <sup>ab</sup>	21,167	0,180	18,195 <sup>b</sup>	
2	392	1,285	14	283	0,181	0,309	0,322	0,663	0,021	0,597
	4719	4,879	241	8337	3,030	1,604	5,937	18,032	0,063	13,966
	9218	17,419	396	11896	5,130	5,766	9,729	25,537	0,295	22,438
	8183 <sup>b</sup>	10,781	295	10158	5,455 <sup>b</sup>	3,428	9,221 <sup>ac</sup>	24,302	0,251	27,287 <sup>c</sup>
3	317	1,426	27	282	0,282	0,255	0,353	1,438	0,027	1,637
	6416	6,035	127	8868	4,287	2,361	7,052	16,754	0,128	20,257
	9317	22,689	454	12099	7,639	5,507	10,846	36,107	0,488	37,451
	7087	10,853	308	10321	4,370	3,136	9,307	22,820	0,225	22,056
Genel	245	0,747	11	232	0,184	0,191	0,755	0,706	0,015	1,245
	4474	4,879	127	7632	2,574	0,838	4,900	16,346	0,063	13,966
	9317	22,689	454	14469	7,639	5,766	29,248	36,107	0,488	50,584
	7087	10,853	308	10321	4,370	3,136	9,307	22,820	0,225	22,056

Aynı sütundaki farklı harfler arasındaki değerler istatistiksel olarak önem arz etmektedir (p&lt;0,05)

#### 4.6. İstatistiksel Analiz

Analizi yapılan elementlerden normal dağılım gösterenler ve göstermeyenlere uygunluklarına göre ileri uygun testlerle elde edilen analiz sonuçlarına göre;

- 1) Co ve Al konsantrasyonlarını bakımından 3. istasyonun diğer istasyonlar ile arasındaki farkın,
- 2) Cu konsantrasyonu bakımından 2 ve 3. istasyonlar arasındaki fark,
- 3) Pb konsantrasyonu bakımından 2 ve 3 ile 1 ve 3 nolu istasyonlar arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz ettiği tespit edilmiştir (Tablo 4.5,  $p<0,05$ ).

Ayrıca, Al ile Co ve Pb, Fe ile Cu, Cu ile Cd ve Zn ile Cd, Co ile EC, % OM ile % Su, EC ile K arasında pozitif yönde iyi düzeyde; EC ile Na arasında güçlü düzeyde, Na ile K arasında çok güçlü düzeyde korelasyona rastlanılmıştır (Tablo 4.6).



Tablo 4.6. Parametrelerin korelasyon matrisi

	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	%OM	%Su	pH	EC	Na	K
Al	1															
Cr	-0,272	1														
Mn	-0,395	0,194	1													
Fe	-0,060	0,257	0,061	1												
Co	<b>0,405*</b>	-0,008	0,317	0,117	1											
Ni	0,373*	0,020	-0,230	-0,002	0,254	1										
Cu	-0,150	0,284	0,146	<b>0,422*</b>	0,012	0,332*	1									
Zn	0,170	0,062	-0,122	0,144	0,069	0,156	0,156	1								
Cd	0,190	0,305	-0,154	0,236	0,114	0,242	<b>0,530**</b>	<b>0,468**</b>	1							
Pb	<b>0,532**</b>	0,033	-0,273	-0,276	0,252	0,234	-0,047	0,175	0,306	1						
%OM	0,022	-0,111	0,122	-0,113	0,162	-0,279	0,148	-0,246	-0,096	0,145	1					
%Su	0,056	-0,101	0,118	-0,102	0,218	-0,018	0,189	-0,220	-0,212	0,064	<b>0,514**</b>	1				
pH	0,014	0,012	0,166	0,117	0,031	-0,131	0,219	0,275	0,235	0,026	0,132	-0,096	1			
EC	0,337*	0,162	-0,016	-0,248	<b>0,514**</b>	0,200	0,024	0,019	0,028	0,232	0,060	0,286	-0,164	1		
Na	0,192	0,149	-0,089	-0,189	0,115	0,261	0,063	0,287	0,108	0,098	-0,119	-0,015	-0,139	<b>0,688**</b>	1	
K	0,051	0,066	0,067	-0,142	0,026	0,169	0,058	0,214	0,008	0,010	-0,071	-0,008	-0,133	<b>0,501**</b>	<b>0,936**</b>	1

\* p&lt;0,05

\*\* p&lt;0,01

Çok Güçlü Korelasyon (r&gt;0,8); Güçlü Korelasyon (0,6&lt;r&lt;0,8); İyi Korelasyon (0,4&lt;r&lt;0,6); Zayıf Korelasyon (r&lt;0,4)

#### 4.7. Sediment Na İçeriği

Boğacık Deresi sedimentinde Na içeriği değerleri 1,10 ile 669,80 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 77,47 ( $\pm 74,043$ ) ppm, sonbaharda 24,68 ( $\pm 17,198$ ) ppm, kış mevsiminde 22,14 ( $\pm 10,446$ ) ppm ve ilkbaharda 28,28 ( $\pm 20,315$ ) ppm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki Na içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Sediment numunelerinin Na içeriği (ppm)

		İSTASYON			
		1	2	3	Ortalama
Yaz		3,77	3,50	225,13	77,47
		0,639	1,114	222,333	74,043
		2,60	1,30	2,40	1,30
		4,80	4,90	669,80	669,80
Sonbahar		2,97	5,87	65,20	24,68
		0,788	2,058	48,069	17,198
	Ortalama Değer	1,40	1,90	1,10	1,10
	Std. Hata ( $\pm$ )	3,90	8,80	159,30	159,30
Kış	En Küçük Değer	7,47	8,07	50,90	22,14
	En Yüksek Değer	1,596	2,824	26,053	10,446
		4,30	4,90	13,20	4,30
		9,40	13,70	100,90	100,90
İlkbahar		4,10	3,67	77,07	28,28
		0,289	1,033	56,268	20,315
		3,60	1,60	3,50	1,60
		4,60	4,70	187,60	187,60

#### 4.8. Sediment K İçeriği

Boğacık Deresi sedimentinde K içeriği değerleri 3,50 ile 335,10 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 42,88 ( $\pm 36,529$ ) ppm, sonbaharda 5,99 ( $\pm 0,886$ ) ppm, kış mevsiminde 6,50 ( $\pm 0,866$ ) ppm ve ilkbaharda 5,57 ( $\pm 0,174$ ) ppm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sediment örneklerindeki K içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz etmediği tespit edilmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Sediment numunelerinin K derişimleri (ppm)

		İSTASYON			
		1	2	3	Ortalama
Yaz		6,50	5,93	116,20	42,88
		0,351	0,376	109,453	36,529
		5,80	5,30	5,40	5,30
		6,90	6,60	335,10	335,10
Sonbahar		4,37	5,20	8,40	5,99
		0,521	0,400	2,113	0,886
	Ortalama Değer	3,50	4,40	5,90	3,50
	Std. Hata ( $\pm$ )	5,30	5,60	12,60	12,60
Kış	En Küçük Değer	5,60	7,60	6,30	6,50
	En Yüksek Değer	0,907	2,369	1,234	0,866
		4,20	3,60	4,60	3,60
		7,30	11,80	8,70	11,80
İlkbahar		5,47	5,30	5,93	5,57
		0,240	0,361	0,260	0,174
		5,00	4,80	5,50	4,80
		5,80	6,00	6,40	6,40

## 4.9. Sediment Kalite İndeksi Değerlendirmeleri

### 4.9.1. 1. İstasyon sonuçları

Boğacık Deresi'nin sanayi atığı baskısına maruz kalmayan 1. İstasyonun 3 farklı noktasından toplanan sediment örneklerinin kalite indeks değerleri Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da gösterilmektedir.

Al açısından; sonbahar mevsiminde 3. Sınıf, diğer mevsimlerde 4. Sınıf, Cr açısından; tüm mevsimlerde 3. Sınıf, Mn açısından; sonbahar mevsiminde 2. Sınıf, diğer mevsimlerde 1. Sınıf, Fe açısından; yıl boyunca 2. Sınıf, Co açısından; tüm mevsimlerde 2. Sınıf, Ni açısından; sonbahar çalışmaları boyunca 4. Sınıf, diğer mevsimlerde 5. Sınıf, Cu açısından; yaz mevsiminde 1. Sınıf, sonbahar mevsiminde 3. Sınıf ve diğer mevsimlerde 2. Sınıf, Zn açısından; yıl boyunca 2. Sınıf, Cd ve Pb açısından; tüm mevsimlerde sediment numunelerinin 0. Sınıf özellikte olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. 1. İstasyon I<sub>geo</sub> sonuçları

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
Al	3,01	2,91	3,21	3,35
Cr	2,23	2,95	2,30	2,30
Mn	0,94	1,09	0,85	0,63
Fe	1,72	1,59	1,40	1,57
Co	1,99	1,65	1,77	1,77
Ni	4,68	3,98	4,14	4,51
Cu	0,98	2,09	1,67	1,83
Zn	1,59	1,71	1,45	1,21
Cd	-0,52	-0,03	-0,04	-0,30
Pb	-0,95	-0,61	-0,32	-0,31

1. istasyonun EF sonuçları; Al, Cr, Ni, içeriği açısından “zenginleşme yok”, Mn içeriği açısından tüm mevsimlerde “düşük düzeyde zenginleşme”, Co içeriği açısından yıl boyunca “zenginleşme yok”, Cu içeriği açısından yaz mevsiminde “düşük düzeyde zenginleşme” iken diğer mevsimlerde “zenginleşme yok”, Zn içeriği açısından sonbahar ve kış mevsimlerinde “zenginleşme yok” iken diğer mevsimlerde “düşük düzeyde zenginleşme”, Cd içeriği açısından kış mevsiminde “düşük düzeyde zenginleşme” iken diğer mevsimlerde “değiştirilebilir düzeyde zenginleşme”, Pb içeriği açısından yaz mevsiminde “değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme” iken diğer mevsimlerde “değiştirilebilir düzeyde zenginleşme”, şeklinde kayıt edilmiştir (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. 1. İstasyon EF sonuçları

	<b>Yaz</b>	<b>Sonbahar</b>	<b>Kış</b>	<b>İlkbahar</b>
<b>Al</b>	0,42	0,40	0,29	0,29
<b>Cr</b>	0,71	0,40	0,55	0,64
<b>Mn</b>	1,73	1,43	1,46	1,88
<b>Co</b>	0,83	0,99	0,77	0,86
<b>Ni</b>	0,15	0,22	0,16	0,13
<b>Cu</b>	1,95	0,71	0,33	0,98
<b>Zn</b>	1,09	0,94	0,97	1,27
<b>Cd</b>	4,78	3,16	2,74	3,95
<b>Pb</b>	7,13	4,60	3,30	3,61

#### 4.9.2. 2. İstasyon Sonuçları

Boğacık Deresi'nin Organize Sanayi Bölgesi'ne tekabül eden 2. istasyondan elde edilen verilere göre yıl boyunca izlenen metallerdeki kalite indeks değerleri Tablo 4.11 ve Tablo 4.12'de gösterilmektedir.

Al açısından; sonbahar ve kış mevsiminde 3. Sınıf, diğer mevsimlerde 4. Sınıf, Cr açısından; tüm mevsimlerde 3. Sınıf, Mn açısından; sonbahar mevsiminde 2. Sınıf, diğer mevsimlerde 1. Sınıf, Fe açısından; yıl boyunca 2. Sınıf, Co açısından; tüm mevsimlerde 2. Sınıf, Ni açısından; kış mevsiminde 5. Sınıf, diğer mevsimlerde 4. Sınıf, Cu açısından; yaz mevsiminde 2. Sınıf, diğer mevsimlerde 3. Sınıf, Zn açısından; tüm mevsimlerde 2. Sınıf, Cd açısından ilkbahar mevsiminde 0. Sınıf, diğer mevsimlerde 1. Sınıf, Pb açısından ise tüm mevsimlerde sediment numunelerinin 0. Sınıf özellikte olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. 2. İstasyon I<sub>geo</sub> sonuçları

	<b>Yaz</b>	<b>Sonbahar</b>	<b>Kış</b>	<b>İlkbahar</b>
<b>Al</b>	3,04	2,75	3,00	3,17
<b>Cr</b>	2,91	2,87	2,72	2,29
<b>Mn</b>	0,61	1,06	0,99	0,76
<b>Fe</b>	1,65	1,64	1,51	1,77
<b>Co</b>	1,53	1,78	1,85	1,66
<b>Ni</b>	3,54	3,84	3,97	3,75
<b>Cu</b>	1,87	2,11	2,06	2,06
<b>Zn</b>	1,45	1,63	1,58	1,70
<b>Cd</b>	0,38	0,33	0,44	-0,01
<b>Pb</b>	-0,44	-0,44	-0,52	-0,35

2. istasyon EF sonuçları; Al, Cr, Ni, Cu, içeriği açısından “zenginleşme yok”, Mn içeriği açısından yıl boyunca “düşük düzeyde zenginleşme”, Co içeriği açısından ilkbahar ve yaz mevsiminde “düşük düzeyde zenginleşme”, diğer mevsimlerde “zenginleşme yok”, Zn içeriği açısından tüm mevsiminde “düşük düzeyde zenginleşme”, Cd içeriği açısından ilkbahar mevsiminde “değiştirilebilir düzeyde zenginleşme”, diğer mevsimlerde “düşük düzeyde zenginleşme”, Pb içeriği açısından yıl boyunca “değiştirilebilir düzeyde zenginleşme” şeklinde tespit edilmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. 2. İstasyon EF sonuçları

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<b>Al</b>	0,40	0,46	0,36	0,38
<b>Cr</b>	0,42	0,45	0,47	0,77
<b>Mn</b>	2,06	1,50	1,44	2,02
<b>Co</b>	1,10	0,92	0,80	1,09
<b>Ni</b>	0,27	0,25	0,18	0,26
<b>Cu</b>	0,87	0,73	0,34	0,83
<b>Zn</b>	1,15	1,01	0,96	1,06
<b>Cd</b>	2,53	2,99	2,24	3,57
<b>Pb</b>	4,28	4,26	4,13	4,38

### 4.9.3. 3. İstasyon Sonuçları

Boğacık Deresi'nin Karadeniz'e deşarj noktasına karşılık gelen 3. istasyondan toplanan sediment numunelerindeki kalite indeks değerleri Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'de gösterilmektedir.

Al açısından; yıl boyunca 3. Sınıf, Cr açısından; tüm mevsimlerde 3. Sınıf, Mn açısından; sonbahar ve yaz mevsimlerinde 2. Sınıf, diğer mevsimlerde 1. Sınıf, Fe açısından; tüm mevsimlerde 2. Sınıf, Co açısından; tüm mevsimlerde 2. Sınıf, Ni açısından; tüm mevsimlerde 4. Sınıf, Cu açısından; tüm mevsimlerde 2. Sınıf, Zn açısından; tüm mevsimlerde 2. Sınıf, Cd açısından; kış mevsiminde 1. Sınıf, diğer mevsimlerde 0. Sınıf, Pb açısından; tüm mevsimlerde sediment örneklerinin 0. Sınıf özellikte olduğu kayıt edilmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. 3. İstasyon I<sub>geo</sub> sonuçları

	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<b>Al</b>	2,69	2,58	2,77	2,83
<b>Cr</b>	3,00	2,61	2,19	2,58
<b>Mn</b>	1,28	1,44	0,83	0,54
<b>Fe</b>	1,68	1,55	1,57	1,72
<b>Co</b>	1,14	1,38	1,27	1,14
<b>Ni</b>	3,86	3,48	3,95	3,76
<b>Cu</b>	1,84	1,58	1,82	1,61
<b>Zn</b>	1,57	1,13	1,57	1,36
<b>Cd</b>	-0,12	-0,83	0,27	-0,31
<b>Pb</b>	-1,05	-1,11	-0,81	-1,05



3. istasyondaki EF'den elde edilen veriler; Al, Cr, Ni, içeriği açısından tüm mevsimlerde “zenginleşme yok”, Mn içeriği açısından tüm mevsimlerde “düşük düzeyde zenginleşme”, Co içeriği açısından tüm mevsimlerde “düşük düzeyde zenginleşme”, Cu içeriği açısından ilkbahar mevsiminde “düşük düzeyde zenginleşme” ,diğer mevsimlerde “zenginleşme yok”, Zn içeriği açısından tüm mevsimlerde “düşük düzeyde zenginleşme”, Cd içeriği açısından sonbahar mevsiminde “değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme”, kış mevsiminde “düşük düzeyde zenginleşme”, diğer mevsimlerde “değiştirilebilir düzeyde zenginleşme”, Pb içeriği açısından yıl boyunca “değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme” şeklinde tespit edilmiştir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. 3. İstasyon EF sonuçları

	<b>Yaz</b>	<b>Sonbahar</b>	<b>Kış</b>	<b>İlkbahar</b>
<b>Al</b>	0,50	0,49	0,44	0,47
<b>Cr</b>	0,41	0,50	0,74	0,57
<b>Mn</b>	1,45	1,11	1,67	2,30
<b>Co</b>	1,46	1,14	1,23	1,54
<b>Ni</b>	0,23	0,27	0,19	0,25
<b>Cu</b>	0,90	0,99	0,52	1,09
<b>Zn</b>	1,10	1,37	1,00	1,30
<b>Cd</b>	3,49	5,35	2,53	4,14
<b>Pb</b>	6,66	6,53	5,21	7,05

## BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sucul ekosistemlerde sediment, çökme eğilimindeki kirleticilerin doğal deposu görevini üstlendiğinden kirlilik çalışmalarında sürekli olarak izlenmektedir. Boğacık Deresi'nin 3 farklı noktasından 12 ay boyunca toplanan yüzey sedimenti örneklerinin hem temel fizikokimyasal özellikleri hem de mevcut ağır metal birikimi mevsimsel olarak incelenmiş ve jeoakümülyasyon indeksi ile zenginleşme faktörü sonuçlarına göre kirlenmenin kaynağı araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; Boğacık Deresi sedimentinde ağır metal birikiminin antropojenik etki altında gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Aşağı Seyhan Nehri'nin Ekim 2010-Haziran 2011 tarihleri arasında toplanan yüzey sediment numunelerinin ağır metal derişiminin incelemesi amacıyla yapılan çalışmada, pH değerlerinin 7,62 ile 8,66 arasında değiştiği tespit edilmiş, bu durumun sedimentin hafif doğal alkanitesinin göstergesi olduğu ifade edilmiştir. Ekim 2010'da toplanan sediment numunelerinde organik içerik %3,19 ile %11,68 arasında iken, Haziran 2011'de toplanan sediment numunelerinde ise organik içerik %2,65'le %7,19 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Kazak, 2012). İlimiz sınırları içerisinde bulunan Yağlıdere Çayı'nda 12 ay boyunca 5 farklı istasyonda gerçekleştirilen çalışmada, pH değerleri 6,20-8,50 aralığında tespit edilmiştir. Araştırmacılar en düşük değere ilkbahar mevsimi aylarında 2. istasyonda, en yüksek değere ise sonbahar mevsimi aylarında 1. istasyonda rastlamışlardır. Aynı çalışmada sedimentteki % yanabilir organik madde miktarı, % su içeriği ve elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla, %0,25-%7,6, %12,422-%41,293 ve 60-710 mS/cm aralığında rapor edilmiştir (Kayış, 2016). Yine benzer şekilde 2012-2013 yıllarında Gelevera Deresi'nin farklı noktalarında gerçekleştirilen diğer bir çalışmada 12 ay boyunca 3 farklı istasyondan alınan sediment numunelerindeki ortalama pH 7,4, ortalama sediment su yüzdesi %21,15 ve sedimentte ortalama yüzde yanabilir

organik madde miktarı ise %4,56 olarak tespit edilmiştir (Yıldız, 2013). Bizim çalışmamızda ise bu oranlar; pH 6,0-7,3, % organik madde miktarı 2,5-19,74, % su içeriği 22,15-62,13, elektriksel iletkenlik 140-1770 mS/cm şeklinde belirlenmiştir.

Canlılığın devamı için büyük önem taşıyan sucul ekosistemlerin kirliliğinin tespit edilip, gerekli önlemlerin alınabilmesi için kirlilik izleme çalışmalarının sürekli olarak yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda küresel ölçekte sedimentte metal birikiminin izlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda; Kuzey Batı İspanya Ulla Koyu'nda ppm düzeyinde; Cd 0,01-0,92, Cr 19,64-1035,15, Cu 4-300, Mn 122-2110, Ni 7-357, Pb 25,58-68,16, Zn 20,30-272,3, (Belzunce-Segarra ve ark., 1997), İspanya Bilbao Koyu'nda ppm düzeyinde; Cd 3-6, Co 9-10, Cr 61-81, Cu 128-149, Fe 32200-46900, Mn 245-425, Ni 24-26, Pb 159-225, Zn 536-744 (Saiz-Salinas, 1997), Yunanistan Güney Evoikes Koyu'nda ppm düzeyinde; Cd 0,095-0,652, Cr 247-404, Cu 11,4-43, Fe 19300-52800, Mn 331-536, Ni 246-698, Pb 7,29-36,7, Zn 39,5-129, Al 37500-61000 (Angelidis ve Aloupi, 2000), Ege Denizi sahil bölgesi ve Mytilen Limanı'nda ppm düzeyinde; Cd 0,03-0,495, Cr 40-154, Cu 5,34-86,2, Fe 7700-28100, Mn 171-360, Pb 20,7-93, Zn 12,9-230, Al 18600-53400 ppm aralığında rapor edilmiştir (Aloupi ve Angelidis, 2001). Jialu Nehri (Çin)'nde ağır metal düzeyleri ppm düzeyinde; Cr 40-96,4, As 2,39-14,57, Cd 2,1-3,6, Hg 0,046-0,19, Pb 14,8-51,2, Cu 8,8-107,6, Zn 42,4-210 (Fu ve ark., 2014). Yellow Nehri (Çin)'nde ppm düzeyinde; Cr 61,3-139,5, Cd 0,1-0,3, Pb 15,5-24,6, Cu 14,1-30,3, Zn 39,9-351,2 (Ma ve ark., 2016), Yuanjia Nehri (Çin)'nde ppm düzeyinde; Pb 28,13-51,10, Zn 129,00-256,56, Ni 58,75-97,12, Cu 53,22-116,45, Mo 9,15-17,23 ve Fe 72,656-84,782 (Liu ve ark., 2018), Villa Nehri (Ekvator)'nde ppm düzeyinde; Cr 34-80, As 180-482, Hg 1-3, Cu 367-821 (Sierra ve ark., 2017), Zhaosu Nehri (Çin)'nde ppm düzeyinde; As 22,7-232, Hg 0,05-0,256, Pb 15,3-110, Cu 20-27,9, Zn 60,2-120 (Gao, 2018), Lot Nehri (Fransa)'nde ppb düzeyinde; Cu 97,7-26,9, Zn 134-4430, Cd 0,81-125, Pb 43,6-523 (Audry ve ark., 2004), Bilbao Nehri (İspanya)'nde ppb düzeyinde; Cd 1,2-381,4, Cr 51-1650, Cu 53-1290, Fe 14190-86560, Mn 123-1011, Ni 29-1270, Pb 60-4570 ve Zn 320-11570 (Londaja ve ark., 2004), Grote Beek ve Grote Laak Nehirlerinde ppb düzeyinde; Zn 282-574, Ni 14-29, Cd 8-17, Cu 42-97 ve Fe 6,3-21 (Coppuyens ve Swennen 2005), Gomti Nehri (Hindistan)'ndeki ppb düzeyinde; Cd

0,34-8,38; Cr 2,22-19,13; Cu 0-35,03; Fe 1606-3142; Mn 82,6-263,1; Ni 6,5-29,8; Pb 6,3-75,3 ve Zn 3,1-101,7 (Singh ve ark.,2005), Güney Kore'nin büyük nehirlerinin sediment yapısındaki ağır metal derişimlerini ppm düzeyinde Zn 1200–1400, Cu: 45-110, Ni: 8-55, Pb: 12-22, Hg: 0-1,5, As: 0-2, Cr: 0-2 ve Cd: 0-0,70 aralığında tespit edilmiştir (Pandey ve ark., 2019).

Küresel ölçekte yapılmış olan çalışmalara benzer şekilde ülkemiz genelinde de sediment yapısında ağır metal birikimi sürekli izlenmektedir. Kırşehir'de yapılmış olan çalışmada Kılıçözü Deresi'nin sediment metal içeriği ppb cinsinden; İlkbahar aylarında: Pb:11, Cr:41,4, Cu:42,5, Ni:37,7, Zn:53,1 ve Cd:2,8, Yaz aylarında: Pb:13,3, Cr:55,7, Cu:29,6, Ni: 42, Zn:71,9 ve Cd:3,8, sonbahar aylarında: Pb:14,4, Cr:43,8, Cu:29,4, Ni: 43, Zn:50,9 ve Cd:6,2, ve kış aylarında: Pb:12,3, Cr:46,3, Cu:33,2, Ni:40, Zn:51,8 ve Cd:3,3 şeklinde kaydedilmiştir (Ürey, 2014). Tokat'ta yapılmış olan başka bir çalışmada Yeşilirmak Nehri'nden alınan sedimentteki ağır metal seviyeleri µg/g cinsinden sırasıyla en düşük ve en yüksek; Fe: 1097-3566, Zn: 26,5-45,5, Cu: 28,6-38,7, Pb: 5,2-17,3, Mn: 294 -446, Ni: 70,3-7,2, Cd: limit altı - 0,55 şeklinde belirtilmiştir (Ünal, 2010). Dicle Nehri'nde yapılan sediment örneklerindeki ağır metal seviyelerinin araştırılmasında ppm düzeyinde; Cr 28,4-163,4, As 2-18, Cd 0,7-4,9, Pb 62,3-566,7, Cu 11,2-5076, Zn: 60,1-2396 sonuçları elde edilmiştir (Varol, 2011). Eskişehir Gürleyik Çayı'nda yapılan çalışmada ağır metallerin seviyesi mg/kg şeklinde Zn 49,60, Cr 2,22, Cu 1,18, Ni 2,20, Pb 7,83, Mn 3,76, Se 1,93, Al 41,27, Fe 86,07, Cr ve Ag değerinin limit altında olduğu belirlenmiştir. (Köse ve ark., 2013), Niğde'de bulunan Gümüşler Çayı'ndan alınan sediment numunelerinin ağır metal derişimleri; Cd: 4,4, As: 268,6, Ag: 4,4, Na: 2627,6 ve K: 15584 ppm olarak belirtilmiştir (Yalçın ve ark., 2007). Karasu Nehri'nden toplanan sediment numunelerinde en düşük ve en yüksek metal seviyeleri ppm cinsinden; As: 0,037 ile 0,151; Cr: 128,360 ile 899,802; Fe: 912,721 ile 11246,596; Ni: 127,112 ile 980,126; Pb: 0,359 ile 5,647 ve Zn: 3,226 ile 62,320 aralığında tespit edilmiştir (Sökmen ve Güneş, 2018). Benzer şekilde Erdek Körfezi'nden toplanan sediment numunelerindeki metal düzeyleri; Cu: 28, Fe: 30000, Mn: 384, Ni: 52, Pb: 40, Zn: 125 (Balkıs, 1998); Kuzey Marmara Resif Bölgesinde ağır metal derişimleri Cu: 21, Fe: 29700, Mn: 404, Pb: 24, Zn: 71

(Çağatay, 1996) olarak bildirilirken, Kuzey Ege Denizi Saros Körfezi'nde, Cu: 19, Fe: 27900, Mn: 451, Ni: 60, Pb: 22, Zn: 73 (Sarı ve Çağatay, 2001) mg/kg şeklinde tespit edilmiştir.

Ağır metaller, endüstriyel, tarımsal ve evsel deşarj taşıyan nehirler tarafından doğrudan Karadeniz havzasına depolanır. Ek olarak, kentsel karayolu ağları, havadaki kirleticiler, liman tesisleri ve konut gelişmeleri Karadeniz'deki mevcut metal seviyelerini sürekli olarak arttırmaktadır (Topcuoglu ve ark., 2002). Giresun merkezinden geçerek Karadeniz'e deşarj olan beş derenin ağır metal kirliliğindeki rolünün belirlenmesini amaçlayan ve Şubat 2012'de başlayıp mevsimsel olarak bir yıl boyunca yürütülen bir çalışmada, belirlenmiş istasyonlardan alınan numunelerin ağır metal analizleri sonucunda sedimentteki ağır metal değerleri Cd: 0,118-166,3; Pb: 5,62-398,9; Mn: 111,7-988,2; Fe: 2919-117973; Cu: 18,60-963,9; Zn: 11,09-2471; Ni: 11,29-813,1; Cr: 10,76-860,5; Co: 8,59-757,1 mg/kg aralıklarında bulunmuştur. Sedimentte mevsimsel olarak kış mevsiminde Cu, Zn, Ni, Cr ve Co elementlerinde anlamlı bir fark belirlenmiş ve istasyon olarak yine aynı elementlerde Güre istasyonunda anlamlı bir fark gözlenmiştir (Türkmen ve Akbulut, 2015). Sedimentte metal birikimi üzerine yapılan diğer çalışmada; Karadeniz'in Güneyinde, Cu; 49, Fe; 32800, Mn; 570, Ni; 77, Pb; 34, Zn; 87 mg/kg olarak bildirilmiştir (Yücesoy, 1991). Yağlıdere Çayı (Giresun)'nda sediment kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan benzer bir çalışmada ağır metal derişimleri ppm cinsinden; As: 1,502-8,961, Se: 0,011-0,409, Ag: 0,070-0,844, Cd: 0,009-0,473, Na: 4,90-18,10 ve K: 0,30-7 aralığında belirlenmiştir (Kayış, 2016). Bizim çalışmamızda ise Boğacık Deresi sediment örneklerinin ağır metal değerleri ppm düzeyinde; Al: 4474 ile 9317 aralığında değişmekte olup, ortalama 7087 ( $\pm 245$ ), Cr: 4,879 ile 22,689 aralığında değişmekte olup, ortalama 10,853 ( $\pm 0,747$ ), Mn: 127 ile 454 aralığında değişmekte olup, ortalama 308 ( $\pm 11$ ), Fe: 7632 ile 14469 aralığında değişmekte olup, ortalama 10321 ( $\pm 232$ ), Co: 2,574 ile 7,639 aralığında değişmekte olup, ortalama 4,370 ( $\pm 0,184$ ), Ni: 0,838 ile 5,766 aralığında değişmekte olup, ortalama 3,136 ( $\pm 0,191$ ), Cu: 4,900 ile 29,248 aralığında değişmekte olup, ortalama 9,307 ( $\pm 0,755$ ), Zn: 16,346 ile 36,107 aralığında değişmekte olup, ortalama 22,820 ( $\pm 0,706$ ), Cd: 0,063 ile 0,488 aralığında değişmekte olup, ortalama 0,225 ( $\pm 0,015$ ) ve Pb: 13,966 ile

50,584 aralığında değişmekte olup, ortalama 22,056 ( ±1,245)'dir. Literatür ile mukayese edildiğinde Boğacık Deresi sediment yapısındaki metal birikim düzeylerinin azımsanmayacak derecede olduğu tespit edilmiştir.

Kirli alanlardaki kirlilik kaynaklarının tespiti için sediment kalite indeksleri sıkça kullanılmaktadır. En çok tercih edilen indeksler arasında yer alan Jeokümülyasyon İndeksi ( $I_{geo}$ ) değeri Boğacık Deresi sediment numunelerinde yıl boyunca ortalama olarak; Al: 3. Sınıf, Cr: 3. Sınıf, Mn: 1. Sınıf, Fe: 2. Sınıf, Co: 2. Sınıf, Ni: 4. Sınıf, Cu: 2. Sınıf, Zn: 2. Sınıf, Cd: 0. Sınıf, Pb: 0. Sınıf şeklinde tespit edilmiştir. Literatürde yapılan benzer çalışmalarda, Hindistan'ın Brahmani Nehri'nde; Fe, Mn, Cu, Ni ve Zn için 0. Sınıf, Pb için 1. Sınıf ile 1. Sınıf, Cd için 3. Sınıf ile 4. Sınıf, Co için 1. Sınıf ile 2. Sınıf, Cr için 1. Sınıf (Asa ve Rath, 2014), Malezya'nın Mamut Nehri'nde; Co: 5. Sınıf ile 6. Sınıf, Cu: 6. Sınıf, Ni: 6. Sınıf, Pb: 0. Sınıf ile 6. Sınıf, Zn: 6. Sınıf (Ali ve ark., 2015), Vietnam'da Lich Nehri'nde; Mn, Fe, Ni ve Cr bakımından 0. Sınıf, Cu için 1. Sınıf, Pb ve Zn için 2. Sınıf, As için 3. Sınıf ve Cd için 4. Sınıf olarak (Thuong ve ark., 2013), Malezya'da Bernam Nehri'nde; Cd: 0. Sınıf 0 ile 2. Sınıf, Ni, Cr ve Fe: 0. Sınıf, Sn: 1. Sınıf ile 4. Sınıf (Kadhum ve ark., 2015), İspanya'da Ebro Nehri'nde: Cd, Ni: 0. Sınıf, Cu: 0. Sınıf ile 4. Sınıf, Pb: 0. Sınıf ile 3. Sınıf, Zn: 0. Sınıf ile 6. Sınıf, Hg: 0. Sınıf 0 ile 5. Sınıf, As: 0. Sınıf ile 3. Sınıf ve Cr: 0. Sınıf ile 3. Sınıf aralığında rapor edilmiştir (Veses, 2014). Giresun ilindeki Harşit Çayı sediment örneklerinde gerçekleştirilmiş olan ağır metal çalışmasında jeokümülyasyon ( $I_{geo}$ ) seviyeleri; Al 2. Sınıf ile 4. Sınıf, Cr 2. Sınıf ile 5. sınıf, Mn 1. Sınıf ile 2. Sınıf, Fe 0. Sınıf ile 3. Sınıf, Co 1. Sınıf ile 2. Sınıf, Ni 3. Sınıf ile 5. Sınıf, Cu 0. Sınıf ile 2. Sınıf, Zn 0. Sınıf ile 1. Sınıf, Cd 0. Sınıf ile 1. Sınıf ve Pb 0. Sınıf ile 1. Sınıf aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Eraslan-Akkan, 2017). Dolayısıyla, Harşit Çayı'nda rapor edilen Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Cd ve Pb ağır metallerine ait  $I_{geo}$  değerlerinin bizim çalışmamızdaki değerler ile benzer olduğunu söyleyebilmekteyiz. Yine, Literatür bulguları ile mevcut çalışma sonuçlarımız birlikte değerlendirildiğinde; antropojenik kökenli etkenler ile Al, Cr, Fe, Co, Cu, Zn ve Ni gibi metallerin sediment yapılarında zenginleştiiği tespit edilmiştir.

Diğer bir sediment kalitesi belirleme indeksi olan Zenginleşme Faktörü üzerine Küresel ölçekte gerçekleştirilen çalışmalarda Malezya'da bulunan Mamut Nehri'nde en yüksek EF seviyeleri; Co 4,39, Cu 15,22, Ni 26,64, Pb 0,22 ve Zn 0,33 şeklinde kaydedilmiştir (Ali ve ark., 2015). Benzer olarak Malezya'nın Bernam Nehri'nde yapılan bir diğer çalışmada ortalama Zenginleştirme Faktörü seviyeleri; Cd: 3,30, Ni: 0,11, Cr: 0,24 ve Sn: 15,07 şeklinde kayıt edilmiştir (Kadhun ve ark., 2015).

Ülkemiz sınırları içerisinde gerçekleştirilen çalışmalarda Zenginleştirme Faktörü değerleri; Saroz Körfezi'ndeki Kavak Deltası'nda; Ba: 0,08-0,95, Cd: 2,13-7,16, Cr: 0,21-1,61, Cu: 0,35-2,24, Li: 0,42-4,46, Ni: 0,48-2,98, Pb: 0,22-6,90, Se: 0,12-18,70, Sr: 0,19-3,32 ve Zn: 0,33-1,62 (Sungur ve Özcan, 2015), Elazığ'daki Geli Çayı'nda; As: 50,2, Cu: 44,7, Pb: 11,4, Zn: 10,5, Ni: 19,3, Co: 19,2 ve Cr: 3,48 (Kalender ve Uçar, 2013), Giresun'daki Harşit Çayı'nda; Cr: 0,35-1,63, Mn: 1,03-7,73, Co: 0,32-4,27, Ni: 0,28-1,04, Cu: 1,45-9,39, Zn: 2,26-13,81, Cd: 2,05-30,89 ve Pb: 3,89-43,04 olarak rapor edilmiştir (Akkan Eraslan, 2017). 2009 yılında İzmir Körfezinden alınan on sekiz yüzey örneği ve üç karot örneğinde toplam otuz iki elementin ağır metal düzeylerinin analizi yapılmıştır. Genel anlamda kirlilik başlangıcı ve orta kirlilik seviyesi veren metaller: As, B, Ba, Ca, Cr, Co, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, S, Sr, Sc, Ti, Th, V ve Zn' olarak tespit edilmiştir. EF değerlerine göre As, Cu, Cr, Mn, Pb, Zn metallerinin EF değerleri yüksek derecede zenginleşme göstermiştir. Metallerin EF değerleri çalışma alanında Cr: 0,90-2,03, Mn: 0,75-1,85, Pb: 1,65-6,45, Ni: 0,06-0,12, Zn: 1,18-3,53, Cu: 0,84-3,37, Co: 0,70-1,85, Co: 0,65-1,39 ve Fe: 0,77-1,39 arasında değişmektedir (Müge 2013). Bizim çalışmamızda ortalama Zenginleştirme Faktörü (EF) değerleri ise; Al: 0,4, Cr: 0,6, Mn: 1,7, Co: 1,1, Ni: 0,2, Cu: 0,9, Zn: 1,1, Cd: 3,5 ve Pb: 5,1 olarak kayıt edilmiştir. Literatür ile mukayese edildiğinde Boğacık Deresi sediment yapısında metal zenginleşmesinin var olduğu ancak mevcut durumun düzeltilebileceği sonucuna varılmaktadır.

Mevcut bulgular ışığında jeoakümülyasyon indeksi ve zenginleşme faktörünün birbirinin eksikliğini tamamlamasıyla Boğacık Deresi'ndeki sediment yapısındaki metal zenginleşmesinin antropojenik etkilerden meydana geldiğini söyleyebilmekteyiz. Dolayısıyla, bu durum Boğacık Deresi'nin mutlak suretle sürekli izleme programıyla denetim altında tutulmasını ve noktasal kirletici kaynakların tespitinin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Aksi halde, Boğacık Deresi hattı boyunca meydana gelecek olan metal kirliliği hem sucul ekosistemi hem yöre halkını hem de akarsuyun deşarj olduğu Karadeniz ekosistemini olumsuz yönde etkileyecektir. Sonuç olarak; literatür çalışmaları ile mukayese edildiğinde Boğacık Deresi sediment yapısının daha iyimser durumda olduğunu söylemekle birlikte; Cd ve Pb derişimi bakımından zenginleşmenin başladığı hatta zaman zaman yüksek düzeylerde seyrettiğini ifade edebiliriz.



## KAYNAKLAR

- Abay, K. 2017. Dicle Nehri'nin belirli lokalitelerinde sedimentte ölçülen bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. Araştırma Makalesi BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi, 19(2): 77-86.
- Abraham, G.M.S., Parker. R.J. 2008. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. Environ Monit Assess, (136) :227–238.
- Akcay, H., Oguz, A., Karapire, C. 2003. Study of heavy metal pollution and speciation in Buyuk Menderes and Gediz river sediments. Water Research, 37 (4): 813–822.
- Akın, M., Akın, G. 2007. Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Dergisi, 47(2): 105-118.
- Aloupi, M. Angelides, M.O. 2001. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the island of Lesbos, Aegean Sea. Environmental Pollution, (113): 211-219.
- Alver, E., Demirci, A., Özcimder, M. 2012. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3 (1): 45-52.
- Angelidis, M.O. Aloupi, M., 2000. Geochemical study of coastal sediments influenced by river-transported pollution: Southern Evoikos Gulf, Greece. Mar. Poll. Bull., 40(1): 77-82.
- Anonim, 1984. Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry United Nations Environment Programme. Reference Methods for Marine Pollution Studies No 11, Revision 1, Geneva.
- Anonim, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19 th Ed. APHA, AWWA, WPCF, Washington.
- Asa, SC., Rath, P. 2014. Sediment Quality Assesment Through Geoaccumulation Index of Brahmani River–Estuarine System. Odisha, India. International Journal of Energy, Sustainability and Environmental Engineering, 1(1):13-15.
- Audry, S., Schafer, J., Blanc, G. and Jouanneau, J.M. 2004. Fifty-Year Sedimentary Record of Heavy Metal Pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River Reservoirs (France). Environmental Pollution, (132): 413-426.
- Balkıs, N. 1998. Geochemistry of Sediments of the Erdek Bay. PhD Thesis, Institute of Marine Sciences and Management, University of İstanbul, s 209, İstanbul.

- Belzunce-Segarra, M.J., Helios-Rybicka, E. and Prego, R. 1997. Distribution of heavy metals in the River Ulla and its estuary (North-west Spain). *Oceanological Studies*, 2(3): 139-152.
- Boyacıoğlu, M. 2004. İzmir Körfezi Sedimentlerinde Direkt Mutajenlerin Belirlenmesi. *E. . Su  r nleri Dergisi*, 21(1-2):23-27.
- Bryan, G.W., Uysah, H. 1978. Heavy metal the burrowing bivalve *Scropicularya plana* from the tomar eustary in relation to environmental levels. *J. Marine Biol. Ass.* 58(1): 89-108.
- Caeiro, S., Costa, M.H., Ramos, T.B., Fernandes, F., Silveira, N., Coimbra, A.P., Medeiros, G. 2015. Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: an index analysis approach. *Ecol Indic*, 5(2): 151–169.
- Chow, T.J., Snyder, H.G., Snyder, C.B. 1976. Mussel as indicator of lead pollution, *Science Total Enviromental*, 6(1): 55-63.
- Cirik, S., Cirik.  . 1991. Limnoloji Ege Üniversitesi Su  r nleri Y ksekokulu Yayınları No: 21, Ege Üniversitesi Basım Evi Bornova, İzmir.
-  ağatay, M.N., Algan, O., Kıratlı, N., Balkıs, N. ve Sarı, E. 1996. Geochemistry of sediments on the northern shelf of the Sea of Marmara from the view point of pollution for benthic marine organisms. T bitak Project Report, 251/G, Ankara.
- Dung, T., Cappuyns, V., Swennen, R., Phung, N. 2013. From geochemical background determination to pollution assessment of heavy metals in sediments and soils, *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 12(4): 335-353.
- Dural, M., Göksu M.Z.L. 2006.  amlık Lagünü (Karataş, Adana), Seston, Bentoz ve Sedimentinde Mevsimsel Ağır Metal Değişimi. *E.  . Su  r nleri Dergisi*, 23(1): 65-69.
- Dural, M., Göksu, M.Z.L. 2007.  ukurova Bölgesindeki Akyatan Lagününde (Adana/Türkiye) Sediment, Seston ve Bentoz'da Mevsimsel Ağır Metal Değişimi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, (5): 568-576.
- Egemen,  . 2000.  evre ve Su Kirliliği, Ege Üniversitesi Su  r nleri Fakültesi, Yayın No 42, 116, Bornova, İzmir.
- Eraslan-Akkan, B. 2017. Harşit  ayı (Giresun)'nın Su Kalitesi ve Su Kirliliği Seviyesinin Belirlenmesi  zerine Bir Araştırma, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Erdoğrul,  ., Erbilir, F. 2007. Heavy Metal and Trace Elements in Various Fish Samples from Sır Dam Lake. Kahramanmaraş, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 130(1): 373-379.
- Ergül, H.A. 2004. Karadeniz'in Trabzon yöresinde Oksik Zon'da Sedimentasyon Yapan Materyalin Bazı Ağır Metal, Radyonüklid, Organik Karbon Ve Klorofil-A Düzeylerinin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Doktora Tezi.

- Fu, J., Zhao, C.P., Luo, Y.P., Liu, C.S., Kyzas, G.Z., Luo, Y., Zhao, D.Y., An, S.Q., Zhu, H.L. 2014. Heavy metals in surface sediments of the Jialu River, China: their relations to environmental factors. *J. Hazard. Mater.* 270(3): 102-109.
- Gale, R.J.B., Gale, S.J., Winchester, H.P.M. 2006. Inorganic Pollution Of The Sediments Of The River Torrens, South Australia. *Environ Geol.*, (50): 62–75.
- Galimberti, C., Corti, I., Cressoni, M., Moretti, V.M., Menotta, S., Galli, U., Cambiaghi, D. 2015. Evaluation of mercury, cadmium and lead levels in fish and fishery products imported by air in North Italy from extra-European Union Countries. *Food Control*, 60(1881): 329–337.
- Gao, Z.X. 2018. Evaluation of heavy metal pollution and its ecological risk in one river reach of a gold mine in Inner Mongolia, Northern China. *International Biodeterioration*, (128): 94-99.
- Gopala, V., Nithyab, B., Magesha, N.S., Jayaprakashb, M. 2018. Seasonal variations and environmental risk assessment of trace elements in the sediments of Uppanar River estuary, southern India. *Marine Pollution Bulletin* (129): 347–356.
- Gönülalan, F. 2006. Ege Denizi Kıyı Sedimentlerinde Denge Üstü Radyoaktif Kurşun Birikiminin Alfa ve Gama Spektroskopisi İle İncelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Hossain, M.B., Shanta, B.T., Shafiuddin Ahmed, A.S., Hossain, Md.K., Semme, A.S. 2019. Baseline study of heavy metal contamination in the Sangu River estuary, Chattogram, Bangladesh, *Marine Pollution Bulletin*, (140): 255–261.
- Ibanga, L.B., Nkwoji, J.A., Usese, A.I., Onyema, I.C., Chukwu, L.O. 2019. Hydrochemistry and heavy metals concentrations in sediment of Woji creek and Bonny estuary, Niger Delta, Nigeria. *Regional Studies in Marine Science*, (25): 100436.
- Kadhun, S.A., Ishak, M.Y., Zulkifli, S.Z., Hashim, R.B. 2015. Evaluation of the Status and Distributions of Heavy Metal Pollution in Surface Sediments of the Langat River Basin in Selangor Malaysia. *Marine Pollution Bulletin* 101(1): 391-396.
- Kalender, L., Uçar, Ç. 2013. Assessment of Metal Contamination in Sediments in the Tributaries of the Euphrates River, Using Pollution Indices and the Determination of the Pollution Source. Turkey, *Journal of Geochemical Exploration*, (134): 73-84.
- Karadede, H., Ünlü, E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, (41): 1371-1376.
- Kayış, İ. 2016. Yağlıdere Çayı (Giresun) Sediment Kalitesinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kazak, Ö. 2012. Aşağı Seyhan Nehri Yüzey Sedimentlerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının İçeriği ve Dağılımı, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Kazancı, N., Oğuzku, D. 2003. Beyşehir Gölü'nün limnolojisi, çevre kalitesi, biyolojik çeşitliliği ve korunması, Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi: VII., Ankara, 16-18.
- Kır, İ., Özcan, S.T. ve Tuncay, T. 2007. Kovada Gölü'nün su ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 24 (1-2): 155-158.
- Kır, İ., Tumanozlu, H., 2012. Karacaören-II Baraj Gölündeki su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio*) örneklerindeki bazı ağır metal birikiminin incelenmesi. Ekoloji Der., 21(82): 65-70.
- Kirby, J., Maher, W., Krikowa, F. 2001. Selenium, Cadmium, Copper, and Zinc Concentrations in Sediments and Mullet (*Mugil cephalus*) from the Southern Basin of Lake Macquarie. NSW, Australia. Arch. Environ. Contam. Toxicol. (40): 246-256.
- Kırkağaç, M., Köksal, G. 2004. Akarsularda Bentik Makroomurgasızların Su Kirliliğine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi: Biyotik ve Çeşitlilik İndekslerin Kullanımı. Ulusal Su Günleri, İzmir.
- Kırmızıgül, O. 2013. Gökçekaya Baraj Gölü Dip Sedimentinin Ağır Mtl Düzeylerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi, Çevre Bilimleri, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Klove, B., Allan, A., Bertrand, G., Druzynska, E., Erturk, A., Goldscheider, N., Henry, S., Karakaya, N., Karjalainen, T.P., Koundouri, P., Kupfersberger, H., Kvaerner, J., Lundberg, A., Muotka, T., Preda, E., Pulido-Velazquez, M., Schipper, P. 2011. Groundwater dependent ecosystems. Part II. Ecosystem services and management in Europe under risk of climate change and land use intensification. Environmental Science and Policy, (14):782-793.
- Kocataş, A. 2012. Ekoloji Çevre Biyolojisi. Dora Yayıncılık, 475-480.
- Köse, E. 2012. Porsuk Çayı Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Miktarlarının Araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Köse, E., Tokatlı, C., Çiçek, A. 2013. Antropojenik Baskıdan Uzak Gürleyik Çayı Kaynağından (Eskişehir) Bazı Makro ve Mikro Element Konsantrasyonları. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 6(1): 40-43.
- Küçükçil, O. 1988. İzmir Körfezi Dip Sedimentlerinde Kirlilik Dağılımı. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kükrer, S. 2016. Tortum Gölü Yüzey Sedimentlerindeki Metal Birikiminin Ekolojik İndeksler Yolu ile Kapsamlı Risk Değerlendirmesi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(12): 1185-1191.
- Landajo, A., Arana G., Diego, A.D., Etxebarria N., Zuloaga, O., Amouroux, D. 2004. Analysis of Heavy Metal Distribution in Superficial Estuarine Sediments (Estuary of Bilbao, Basque Country) by Open-Focused Microwave-Assisted Extraction and ICP-OES. Chemosphere, (56): 1033-1041.
- Larry, W., 2006. "World Water Day: A Billion People Worldwide Lack Safe Drinking Water

- Lia, X., Waia, Onyx W.H., Lia, Y.S., Colesb, Barry J., Ramseyb, Michael H., Thorntonb, I. 2000. Heavy metal distribution in sediment profiles of the Pearl River estuary, South China. *Applied Geochemistry*, (15): 56-581.
- Liang, H.D., Han, D.M., Yan, X.P. 2006. Cigarette filter as sorbent for on-line coupling of solid-phase extraction to high-performance liquid chromatography for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water. *Journal of Chromatography A*, (1103): 9-14.
- Liu, Z.R., Zhou, L.M., Wei, P., Zeng, K., Wen, C.X., Lan, H.H. 2018. Competitive adsorption of heavy metal ions on peat. *J. China Univ. Min. Technol.* (18): 255-260.
- Lukin, A., Daulvalter, V., Kashulin, N., Yakovlev, V., Sharov, A., Vandysh, O. 2003. Assessment of Copper-Nickel Industry Impact on a Subarctic Lake Ecosystem. *The Science of the Total Environment*, (306): 73-83.
- Ma, X.L., Zuo, H., Tian, M.J., Zhang, L.Y., Meng, J., Zhou, X.N., Min, N., Chang, X.Y., Liu, Y. 2015. Assessment of heavy metals contamination in sediments from three adjacent regions of the Yellow River using metal chemical fractions and multivariate analysis techniques. *Chemosphere* 144(3): 264-272.
- Marvin, C., Grapentine, I., Painter, S. 2004. Application of a sediment quality index to the lower laurentian great lakes. *Environmental Monitoring and Assessment*, (91): 1-16.
- Memiş, Y. 2019. Boğacık Deresi Algleri Üzerine Floristik Bir Araştırma. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Müller, G., 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veränderungen seit 1971. *Umschau*, 79(24): 778-783.
- Naji, A., Ismail, A., 2014. Assessment of metals contamination in Klang River surface sediments by using different indexes, 4 (1): 30-38.
- Nieva-Cano, M.J., Rubio-Barosso, S., Santos-Delgado, M.J. 2001. Determination of PAH in food samples by HPLC with fluorimetric detection following sonication extraction without sample clean-up. *Analyst*, (126): 1326-1331.
- Okyere, H., Voegborlo, R.B., Agorku, S.E. 2015. Human Exposure to Mercury, Lead and Cadmium through Consumption of Canned Mackerel, Tuna, Pilchard and Sardine. *Food Chemistry*, (179): 331-35.
- Ozseker, K., Eruz, C. 2016. Ecological pathways of heavy metal pollution in Solaklı River Basin (River Bed, Uzungol Lake and Estuary) sediment of southeastern Black Sea Region, *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 45(1): 62-69.
- Özan, C. 2016. Isparta Deresi'nin Su ve Sedimentindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özbay, Ö., Gökso, Z., Alp, M., Sungur, M. 2013. Bardan Çay'ı (Tarsus-Mersin) sedimentinde ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Ekoloji Der.*, 22(86): 68-74.
- Özbolat, G., Abdullah, T. 2016. Ağır Metal Toksikitesinin İnsan Sağlığına Etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(23783): 502-21.

- Özden, Y. 2008. Enne Ve Porsuk Barajı Sedimentine Bağlı Ağır Metallerin *Cyprinus carpio*'nun Değişik Dokularına Biyoakümülyasyonunun Araştırılması. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Pandey, K.L., Park, J., Son H.D., Kim, W., Islam, S. Md., Choi, S., Lee, H., Han, T. 2019. Assessment of metal contamination in water and sediments from major rivers in South Korea from 2008 to 2015. *Science of the Total Environment*. (651): 323-333.
- Richards, S., Thorne, J., Williams, W.P. 1997. The Response of Benthic Macroinvertebrates to Pollution in Developing Countries: A Multimetric System of Bioassessment. *Freshwater Biol.*, (37): 671-686.
- Saiz-Salinas, J.I. 1997. Evaluation of adverse biological effects induced by pollution in the Bilbao Estuary (Spain). *Environmental Pollution*, (96): 351-359.
- Saravanana, P., Krishnakumar, S., Pradhapa, D., Silvac, J.D., Arumugamb, K., Mageshd, N.S., Srinivasalu, S. 2018. Elemental concentration based potential ecological risk (PER) status of the surface sediments, Pulicat lagoon, Southeast coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, (133): 107-116.
- Sarı, E., Çağatay, M.N. 2001. Distributions of heavy metals in the surface sediments of the Gulf of Saros, NE Aegean Sea. *Environment International*, (26): 169-173.
- Sierra, C., Ruiz-Barzola, O., Menendez, M., Demey, J.R., Vicente-Villardón, J.L. 2017. Geochemical interactions study in surface river sediments at an artisanal mining area by means of canonical (MANOVA)-Biplot. *Journal of Geochemical Exploration*, (175): 72-81.
- Soares, H.M.V.M., Boaventura, R.A.R., Machado, A.A.S.C., Esteves Da Silva, J.C.G. (1999). Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave river basin (Portugal): Multivariate analysis of data. *Environmental Pollution*, 105(3): 311-323.
- Sökmen, T.Ö., Güneş, M., Kırıcı, M. 2018. Karasu Nehri'nden (Erzincan) Alınan Su, Sediment ve Capoeta umbla Dokularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4): 578-588
- Sun, C., Zhang, Z., Cao, H., Xu, M., Xu, L. 2019. Concentrations, speciation, and ecological risk of heavy metals in the sediment of the Songhua River in an urban area with petrochemical industries. *Chemosphere*, (219): 538-545.
- Sungur, A., Özcan, H.J. 2015. Chemometric and Geochemical Study of the Heavy Metal Accumulation in the Soils of a Salt Marsh Area (Kavak Delta, NW Turkey). *Soils Sediments*, (15): 323-331.
- Suthar, S., Nema, A.K., Chabukdhara, M., Gupta, S., K. 2009. Assessment of Metals in Water and Sediments of Hidon River, India, *Journal of Hazardous Materials*, (171): 1088-1095.
- Tanyolaç, J. 2011. Limnoloji Tatlı Su Bilimi. Hatipoğlu Yayınları, 241.
- Taylan, Z.S., Özkoç, H.B. 2007. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2): 17-33.

- Thirumalaivasan, D., Karmegam, M., Venugopal, K. 2003. AHP-DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS. *Environmental Modelling and Software*, (18): 645-656.
- Thuong, N.T., Yoneda, M., Ikegami, M., Takakura, M. 2013. Source Discrimination of Heavy Metals in Sediment and Water of to Lich River in Hanoi City Using Multivariate Statistical Approaches. *Environ Monit Assess*, (185):8065-8075.
- Tokatlı, C., Çiçek, A., Köse, E. 2017. Biyo – Ekolojik Risk İndeksleri Kullanılarak Seydisuyu Havzası Sediment Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2): 115-123.
- Topcuoglu, S., Kırbasoglu, C., Gungor, N. 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea 1997-1998. *Environ Int*, (27):521-6
- Tsai, P.J., Shieh, H.Y., Lee, W.J., Lai, S.O. 2002. Characterization of PAHs in the atmosphere of carbon black manufacturing workplaces. *J. Hazard. Mater.*, (91): 25-42.
- Tumantozlu, H. 2010. Karacaören Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Tunca, Ü. 2016. Beyşehir Gölünde Su ve Sedimentte Ağır Metal Birikimi ve Sedimentte Antropojenik Kontaminasyon Değerlendirmesi. Ordu Üniversitesi, Bil. Tek. Derg., 6(2): 205-219
- Türkmen, A. 2003. İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu, Askıdaki Katı Madde, Sediment ve Dikenli Taş İstiridyesi'nde (*Spondylus spinosus* Schreibers, 1793) Oluşan Ağır Metal Birikimi Üzerine Araştırma. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Türkmen, A., Akbulut, S. 2015. Giresun sahilindeki bazı derelerin deşarj olduğu noktalardaki su ve sedimentte ağır metal kirliliği. *Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(9): 707-714.
- Uncumusaoğlu, A.A., Şengül, Ü., Akkan, T. 2016. Environmental Contamination of Heavy Metals in the Yaglidere Stream (Giresun), Southeastern Black Sea. *Fresenius Environmental Bulletin*. 25:12, 5492-5498.
- Ünal, Ö. F. 2010. Yeşilırmak Nehri'nden toplanan balık ve sediment örneklerinde eser element tayini. Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Ürey, E. 2014. Kılıçözü Deresi (Kırşehir) Su, Sediment ve *Typha angustifolia* Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Mevsimsel Olarak İncelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Varol, M. (2011). Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*, (195): 355–364.
- Vertacnik, A., Prohic, E., Kozar, S., Juracic, M. 1995. Behavior of some trace elements in alluvial sediments, Zagreb water-well field area, Croatia. *Water Research*, (29): 237-46.

- Veses, O., Mosteo, R., Ormad, M.P., Ovelleiro, J.L. 2014. Sediment Quality Evolution (2001-2011) in the Ebro River Basin (Spain). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 92(3): 334-340.
- Wang, X.Y., Li, Q.B., Luo, Y.M., Ding, Q., Xi, L.M., Ma, J.M., Li, Y., Liu, Y.P., Cheng, C.L. 2010. Characteristics and sources of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Shanghai, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, (165): 295-305.
- Wang, L.F., Yang, L.Y., Kong, L.H., Li, S., Zhu, J.R., Wang, Y.Q. 2014. Spatial distribution, source identification and pollution assessment of metal content in the surface sediments of Nansi Lake, China. *Journal of Geochemical Exploration*, p.9, China.
- Wardas, M., Budek, L., Rybicka, E.H. 1996. Variability of heavy metals content in bottom sediments of the Wilga River, a tributary of the Vistula River (Krakow area, Poland). *Applied Geochemistry*, (11): 197-202.
- Yalçın, M.G., Narin, İ., Soylak, M. 2007. Multivariate analysis of heavy metal contents of sediments from Gumusler creek, Niğde, Turkey. *Environ Geol*, (54): 1155-1163.
- Yarsan, E., Bilgili, A., Türel, İ. 2000. Van Gölü'nden toplanan midye (*Unio stevenianus* Krynicki) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, (24): 93-96.
- Yıldız, İ. 2013. Gelevera Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yılğör, S. 2012. Bafa Gölü Sedimanlarındaki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Yücesoy, F. 1991. Geochemistry of Heavy Metals in the Surface Sediments from the Southern Black Sea Shelf and Upper Slope. Institute of Marine Sciences, Middle East Tech. University, MSc Thesis.



## ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Giresun'un Bulancak ilçesinde doğdu. İlk ve ortaokulu Barbaros İlköğretim Okulu'nda, liseyi Bulancak Lisesi'nde tamamladı. 2009 yılında girdiği Aksaray Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nden 2013 yılında mezun oldu. 2013 yılı Eylül ayında girdiği Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Programı'ndan 2018 yılında yatay geçiş ile geldiği Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Programı'nda öğrenim görmeye devam etmektedir.